

MEBUTRA

CZASOPISMO KATEDRY BUDOWNICTWA,
KATEDRY INŻYNIERII MECHANICZNEJ,
KATEDRY ELEKTROTECHNIKI I KATEDRY TRANSPORTU

Powłoka miedziana

Nanoszenie metodą elektrolizy

Obróbka

WPLYW PRĘDKOŚCI
SKRAWANIA NA KSZTAŁT
PROFILU POWIERZCHNI
OBROBIONEJ

Gospodarka olejów silnikowych

Trendy współczesnego recyklingu

A ponadto:

Rozwój druku 3D - od marzeń do rzeczywistości



Akademia Nauk Stosowanych
Im. Stanisława Staszica w Pile

ZESPÓŁ REDAKCYJNY

*mgr inż. Karolina Pikulik
dr inż. Jarosław Mikołajczyk
Okładka: Justyna Płociniczak*

j.mikolajczyk@ans.pila.pl | wydawnictwo@ans.pila.pl

KOMITET NAUKOWY

PROF. DR HAB. INŻ. BOGDAN ŻÓŁTOWSKI, UTH WARSZAWA

DR HAB. STANISŁAW RÓŻAŃSKI, AKADEMIA NAUK STOSOWANYCH W PILE

DR INŻ. SYLWESTER WAWRZYŃIAK, POLITECHNIKA BYDGOSKA

DR INŻ. JAN DESKUR, AKADEMIA NAUK STOSOWANYCH W PILE

DR INŻ. JAROSŁAW MIKOŁAJCZYK, AKADEMIA NAUK STOSOWANYCH W PILE

DR MAŁGORZATA KOZŁOWSKA, AKADEMIA HANDLOWA NAUK STOSOWANYCH W RADOMIU

PROF. ZW. DR HAB. INŻ. KRZYSZTOF ZAWIRSKI, AKADEMIA NAUK STOSOWANYCH W PILE

DR HAB. INŻ. ROMAN MUSZYŃSKI, PROF. ANS, AKADEMIA NAUK STOSOWANYCH W PILE

DR INŻ. PIOTR STANOWSKI, AKADEMIA NAUK STOSOWANYCH W PILE

RECENZENCI

MGR INŻ. JOLANTA OLECHNOWICZ, ANS PILA

DR MAŁGORZATA KOZŁOWSKA, ANS RADOM

DR INŻ. SYLWESTER WAWRZYŃIAK, POLITECHNIKA BYDGOSKA

DR INŻ. WIKTOR KUPRASZEWICZ, ANS PIŁA

DR INŻ. IWO NOWAK, ANS PIŁA

DR INŻ. JAROSŁAW MIKOŁAJCZYK, ANS PIŁA

MGR INŻ. ŁUKASZ FORMAL, ANS PIŁA

DR INŻ. PIOTR STANOWSKI, ANS PIŁA

Od wydawcy

Czasopismo MEBUTRA dedykowane jest generalnie dla studentów i dyplomantów Katedr Inżynierii Mechanicznej, Transportu, Budownictwa oraz Elektrotechniki Akademii Nauk Stosowanych im. Stanisława Staszica w Pile. Nazwa czasopisma stanowi skrót pierwszych liter w/w katedr, czyli **M**echaniki, **E**lektrotechniki, **B**udownictwa, **T**Ransportu.



Pomysł na to czasopismo powstał około 5 lat temu, zabrakło jednak wówczas odwagi. Poruszana tematyka związana jest głównie z szeroko pojętą techniką, tym bardziej, że wiele prac dyplomowych naszych studentów wygrywa konkursy ogólnokrajowe, co cieszy. Z założenia czasopismo będzie wydawane tylko w formie elektronicznej raz w roku. Termin nadsyłania prac do końca września każdego roku. Czasopismo będzie umieszczone na platformie naszej uczelni. Niniejsze wydanie jest pierwszą edycją tego czasopisma.

Serdecznie zachęcam wszystkich studentów, w tym również studentów Programu Erasmus oraz zrzeszonych w Studenckich Kołach Naukowych, do nadsyłania artykułów.

Dziękuję JM Rektorowi ANS w Pile dr hab. D. Modrzejewskiemu za wyrażenie zgody na powstanie niniejszego czasopisma.



DR INŻ. JAROSŁAW MIKOŁAJCZYK
Redaktor Naczelny



Spis treści

ROLA INSPEKCJI TRANSPORTU DROGOWEGO W
PODNOSZENIU BEZPIECZEŃSTWA RUCHU
DROGOWEGO W POLSCE 03

ASPEKTY EKOLOGICZNE GOSPODARKI
PRZEPRACOWANYCH OLEJÓW SILNIKOWYCH ORAZ
TRENDY ICH WSPÓŁCZESNEGO RECYKLINGU 07

PILSKA KARTA MULTIMODALNA –
TERAŹNIEJSZOŚĆ CZY PRZYSZŁOŚĆ 12

STANOWISKO LABORATORYJNE FP DO
NANOSZENIA POWŁOKI
MIEDZIANEJ METODĄ ELEKTROLIZY 15

ROZWÓJ DRUKU 3D - OD MARZEŃ DO
RZECZYWISTOŚCI 31

ROZPOZNAWANIE STANU SILNIKA SPALINOWEGO 35

ANALIZA WYBRANYCH WARUNKÓW
EKSPLOATACYJNYCH UKŁADU
HYDRAULICZNEGO NA STAN CIĘCZY ROBOCZEJ 42

WPŁYW PRĘDKOŚCI SKRAWANIA NA KSZTAŁT
PROFILU POWIERZCHNI OBROBIONEJ 47

THE ROLE OF ROAD TRANSPORT INSPECTION IN IMPROVING ROAD TRAFFIC SAFETY IN POLAND

inż. Paulina GÓRA, ORCID

No: 0009-0007-8303-3930, e-mail: paulinagora27840@gmail.com

Katedra Transportu, Akademia Nauk Stosowanych im. Stanisława Staszica w Piła
ul. Podchorążych 10, 64-920 Piła

Abstract: The paper presents the theoretical aspects of Road Transport Inspections and the origins of their creation in order to ensure road safety for all participants.

ROLA INSPEKCJI TRANSPORTU DROGOWEGO W PODNOSZENIU BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO W POLSCE

Streszczenie: W pracy przedstawiono teoretyczne aspekty Inspekcji Transportu Drogowego oraz genezę ich powstania w celu zapewnienia bezpieczeństwa na drogach wszystkim ich uczestnikom. Praca przeglądowa.

1. Introduction

The Road Transport Inspection (ITD) in Poland is a specialized uniformed formation established under the Act of 6 September 2001 on road transport. The priority of establishing this inspection service is to eliminate all harmful phenomena in Polish road transport. The basic tasks of this unit mainly include:

- increasing of road traffic safety;
- preventing degradation of public roads;
- improving the quality of road transport services;
- improving the working conditions of professional drivers;
- protecting the Polish transport market;
- monitoring the conditions of transport of livestock.

An important task of the Road Transport Inspection is also to co-operate with all state services and institutions that operate in the area of road traffic safety.

2. Characteristics of the activities of the Road Transport Inspection

The establishment of the Road Transport Inspection in Poland as a specialized service resulted from the need to ensure fair competition in road transport, improve traffic safety and protect the environment. The establishment of the ITD was also a fulfillment of one of the European Union's accession requirements and was a guarantee of Poland's credibility as a country bordering the Union and then applying for membership in the Community. Experts - representatives of France and Germany - participated in the organization of the Road Transport Inspection who, as part of the twin project PHARE PL 9908.1 - "Preparation of the legal basis and establishment of the Road Transport Inspection", advised on defining the scope of tasks and organization of the Inspection, training candidates and implementing IT measures. Similar formations also operate in other countries, including France, Germany, Belgium, United Kingdom. In the process of creating the Road Transport Inspection in Poland, the experience of services from these countries was applied.

On 1 October 2002, the first 80 ITD inspectors started working on roads throughout Poland. Since the beginning of its inspection activities, this formation has been operating for over twenty years. Road Transport Inspectors carried out over 2.6 million road inspections. These activities contribute to an increase in the level of compliance with the regulations applicable in road transport, in particular regarding drivers' working time and the transport of hazardous materials, which improves safety and order in road traffic. They also influence the improvement of the technical condition of trucks and buses traveling on Polish roads. Since the Inspection was established, competences and tasks have been gradually increased. Inspection of transportable pressure equipment placed on the market (2004) and inspection of the type of fuel used (2005) were added to the Inspection's tasks. In 2007, the Road Transport Inspection acquired new tasks related to the implementation in Poland of Directive 2006/22/EC of the European Parliament and of the Council of 15 March 2006 on minimum conditions for the implementation of Council Regulations (EEC) No. 3820/85 and 3821/85 regarding social regulations relating to road transport activities and repealing Council Directive 88/599/EEC (OJ EU L 102 of 11 April 2006, p. 35), thus it has become the basic body implementing the control tasks provided for in the directive.

In October 2004 the Road Transport Inspection in Poland joined the European Road Control (Euro Controle Route), an international organization bringing together several European Union countries. Its main tasks include the exchange of information, coordination of inspection activities and conducting joint training of inspectors. Cooperation within the ECR aims to improve the effectiveness of road transport inspection activities within the EU, which is expected to contribute to improving the level of compliance with the law and promoting fair competition in this area of economic life.

The scope of the Inspection's activities was once again extended under the Act of 29 October 2010 amending the Road Traffic Law (Dz. U. No. 225, item 1466). 1466). On 1 January 2011 the Road Transport Inspection was authorized to inspect passenger cars in the event of a justified suspicion that the driver is driving in a state of intoxication or in a state after using alcohol or an alcohol-like substances, in the event of registering a violation of road traffic regulations using control and measurement instruments or recording devices, or in the event of finding a gross violation of road traffic regulations or causing a safety hazard [4, 6].

On 30 December 2010, pursuant to the Prime Minister's Order No. 103 , a new statute was granted to the Chief Inspector of Road Transport and new offices were created - the Center for Automatic Road Traffic Supervision (CANARD) and the Office for Electronic Toll Collection (BEPO). The tasks of the Center cover the implementation of new tasks related to revealing, with the use of stationary recording devices, violations of road traffic regulations involving exceeding the speed limit and failure to obey traffic lights. In Order No. 103, the establishment of ten GITD field branch offices was also specified, which, irrespective of the implementation of basic ITD tasks, also perform tasks related to the operation and maintenance of devices (Fig. 1). BEPO, on the other hand, covered designated road sections with inspection supervision as part of the electronic road toll collection system. Pursuant to Art. 131, section 1, point 2 of the Act on Public Roads, authorized to check the correctness of electronic toll payment, including checking the device used in the vehicle referred to in Art. 13i, section 3 of the Act on Public Roads and imposing and collecting fines referred to in Art. 13k of the Act on Public Roads, are, among others, road transport inspectors.

From 1 January 2011 the Chief Inspector of Road Transport obtained the competences of the Minister of Infrastructure in the field of issuing authorizations (licenses, permits, certificates and driver certificates) in international road transport. Currently, the office responsible for carrying out tasks in the above scope is called - Office for International Transport [Biuro ds. Transportu Międzynarodowego.]



Fig. 1. Technical infrastructure post dedicated to the Road Transport Inspection. Location - Trzeciwnica near Piła, on the national road No. 10 on Bydgoszcz-Piła section

The Road Transport Inspection in Poland is managed by the Chief Road Transport Inspector as the central authority of the government administration, subordinate to the minister responsible for transport.

The Road Transport Inspection in Poland was established to control compliance with the regulations regarding road transport performed by motor vehicles and [1, 2, 3]:

- compliance with road traffic regulations by vehicle drivers on the principles specified in the Act of 20 June 1997 - Road Traffic Law;
- correctness of payment of the electronic fee referred to in Art. 13, section 1, point 3 of the Act of 21 March 1985 on public roads;
- correctness of paying the toll for using a motorway or its section, collected by the Head of the National Tax Administration, referred to in the Act of 27 October 1994 on toll motorways and the National Road Fund.

The tasks of the Road Transport Inspection in Poland are performed by:

• Chief Inspector of Road Transport;

-the Voivode acting through the voivodeship inspector of road transport, as the head of the voivodeship road transport inspection that is part of the combined voivodeship administration.

The detailed tasks of the Road Transport Inspection in Poland include:

- control of compliance with the obligations or conditions of road transport referred to in Art. 4, point 22 of the Road Transport Act;
- control of compliance with road traffic regulations to the extent and on terms specified in the Act of 20 June 1997 – Road Traffic Law;
- control of compliance with detailed rules and conditions for the transport of animals;
- control of transportable pressure equipment placed on the market in terms of compliance with technical requirements, technical documentation and correctness of their marking, to the extent specified in the Act of 19 August 2011 on the transport of hazardous goods;
- control of the type of fuel used;
- control of documents related to the provision of public collective transport;
- control of the correctness of payment of the electronic fee referred to in Art. 13, section 1, point 3 of the Act of 21 March 1985 on public roads;
- control of compliance with working hours;
- control of entrepreneurs personally carrying out road transport to which applicable is the Regulation (EC) No. 561/2006 or the European Agreement concerning the work of crews of vehicles engaged in the international road transport (AETR), signed in Geneva on 1 July 1970. (Dz. U. of 2014, item 409);
- control of entrepreneurs personally performing regular transport, the route of which does not exceed 50 km, or public collective transport within the meaning of the provisions of the Act of 16 December 2010 on public collective transport, the route of which does not exceed 50 km;
- control of compliance with the prices for taxi transport established by the council of a given commune and the tariff rates applicable to the transport of persons and cargo by taxi, referred to in Art. 11b;
- conducting administrative proceedings, including issuing administrative decisions on the principles specified in the Act, as well as taking other actions provided for therein, in matters of community licenses, driving forms, permits in international road transport and cabotage transport permits, certificates for non-commercial road transport, driver certificates, taking actions regarding foreign permits and permits of the minister responsible for transport, performing tasks specified in the Act of 27 October 1994 on toll motorways and the National Road Fund, performing tasks under the Act of 9 March 2017 on the monitoring system for road and rail transport of goods and trade in heating fuels (Dz. U. of 2020, item 859 and of 2021 item 255 and 694).

3. Conclusions

Thanks to the functioning of the Road Transport Inspection in Poland, drivers began to strictly follow road regulations and better secure load units. Looking at the statistics of road accidents posted on the Police websites [5] one can notice that despite constantly increasing number of vehicles, the number of road accidents in Poland is decreasing each year. The Road Transport Inspection has its undoubted contribution to this.

4. Literature

1. <http://marcinnowak.eu/2011/06/24/mapa-autostrady-w-polsce-drogi ekspresowe>
2. <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20120001137/O/D20121137.p,d,f>
3. <https://drogi.gddkia.gov.pl/serwisy-gddkia/krajowy-system-zarzadzania-ruchem/zalozenia-kszr/co-to-jest-its>
4. <https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzu-dziennik-ustaw/prawo-o-ruchu-drogowym-16798732/dz-3-roz-2>
5. <https://statystyka.policja.pl/st/ruch-drogowy/76562,wypadki-drogowe-raporty-roczne.html>
6. <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/rodzaje-drog-w-polsce>

ECOLOGICAL ASPECTS OF MANAGING USED ENGINE OIL AND ITS PRESENT-DAY RECYCLING TRENDS

inż. Grzegorz MARCINIAK

ORCID No: 0009-0008-3106-2673, e-mail: grzegorzmarciniak123@o2.pl

Katedra Inżynierii Mechanicznej, Akademia Nauk Stosowanych im. Stanisława Staszica
w Pile

Abstract: The paper presents exemplary solutions to problems related to the disposal of used engine oil. There is more and more waste oil despite the fact that manufacturers reduce the capacity of lubrication systems and extend oil service intervals. The number of cars and production machines increases every day, making this problem more and more severe.

ASPEKTY EKOLOGICZNE GOSPODARKI PRZEPRACOWANYCH OLEJÓW SILNIKOWYCH ORAZ TRENDY ICH WSPÓŁCZESNEGO RECYKLINGU

Streszczenie: W pracy przedstawiono przykładowe rozwiązania problemów dotyczących utylizacji przetworzonych olejów silnikowych. Olejów odpadowych jest coraz więcej, pomimo tego, że producenci zmniejszają pojemności układów smarowania oraz wydłużają interwały serwisowe olejów. Samochodów oraz maszyn produkcyjnych przybywa każdego dnia, przez co problem ten coraz bardziej się nasila. Praca przeglądowa.

1. Introduction

Engine oil is one of the basic fluids used, for example, in combustion engines which are widely used in passenger cars, trucks, agricultural machines, construction machines and in many other industries. In order for such oil to fulfill its functions, it must be replaced in accordance with the replacement interval in a given machine. Changing the oil, however, causes the problem of getting rid of the used oil. In this respect, users are bound by waste management law and European Union directives which introduce regulations regarding the rules for managing a specific class of waste [1, 3, 5]. Polish law provides acts regarding the disposal of hazardous oils [6, 7, 9]. They describe, for example, what waste containers should look like and how to store them. The need to manage waste oil necessitated the establishment of companies that handle the disposal of used oils. They collect this waste from customers and then process such oil. Oil is hazardous waste which cannot be easily disposed of. One option for disposing used oil is to take it to a wholesaler or store where a new lubricant was purchased. However, owners of this type of enterprises often refuse to accept used lubricant from customers, not following the above guidelines. And the approach of authorized car manufacturer services is completely different. For them, used oil is not a problem, but rather a valuable source of information about the processes occurring during the oil work, especially when the car is regularly serviced at the same garage [8, 10, 11].

2. Law in the process of engine oil disposal

The law of the Republic of Poland includes, inter alia, two regulations, drawn up on the basis of the acts of the Ministry of Environment on the disposal of used engine oils. These are basic legal acts that outline the path for entrepreneurs and business enterprises that have problems with this type of waste. However, the above regulations only define the methods of warehousing oil and storing it so that its disposal is as effective as possible.

However, none of these documents mentions what this disposal should look like and what it should consist of. It is obvious that these must be environmentally friendly processes aimed at permanently removing waste oil from circulation or bringing it to such a state that it can be reused. When Poland joined the European Union it adopted many EU regulations aimed at waste management. The directives in force in the Community impose quite a detailed scheme for dealing with such waste. The European Union has legal acts in the field of waste management which are divided into three basic groups [1]:

- acts containing general requirements;
- acts regarding specific waste management methods;
- acts relating to specific waste streams.

The most important legal acts regarding waste management in the European Union in terms of general requirements are:

- Council Directive 75/442/EEC of 15 July 1975 on waste (the so-called framework directive), as amended by Council Directives 91/156/EEC and 91/692/EEC and European Commission Decision 96/350/EC;
- Council Directive 91/689/EEC of 12 December 1991 on hazardous waste, as amended by Council Directive 94/31/EC;
- Commission Decision 2000/532/EC of 3 May 2000 replacing Commission Decision 94/3/EC, establishing a list of wastes pursuant to Article 1 of European Council Directive 75/442/EEC on waste and Council Decision 94/904/EC establishing the list of hazardous waste in accordance with Article 1 of the act;
- Council Directive 91/689/EEC on hazardous waste, as amended by European Commission Decisions 2001/118/EC, 2001/119/EC and 2001/573/EC;
- Council Regulation 259/93/EEC of 1 February 1993 on the supervision and control of shipments of waste within, to and from the European Community, as amended by Council Regulation 97/120/EC and European Commission Decision 99/816/EC.

The most important legal acts regarding waste management in the EU in terms of waste management methods are:

- Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on waste storage;
- Council Directive 94/67/EC of 16 December 1994 on the incineration of hazardous waste;
- Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council of 4 December 2000 on the incineration of waste.

The most important legal acts regarding waste management in the EU in terms of individual waste streams are:

- Council Directive 75/439/EEC of 16 June 1975 on the disposal of waste oils, as amended by Council Directives 87/101/EEC and 91/692/EEC and Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council;
- Council Directive 96/59/EC of 16 September 1996 on the disposal of polychlorinated biphenyls and polychlorinated triphenyls;
- Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when using sewage sludge in agriculture, as amended by Council Directive 91/692/EEC;
- Directive 94/62/EC of the European Parliament and of the Council of 20 December 1994 on packaging and packaging waste;
- Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end-of-life vehicles, as amended by Commission Decision 2002/525/EC;
- Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment;
- Directive 2002/96/EC of the European Parliament and of the Council of 27 September 2003 on waste electrical and electronic equipment.

The European Union requires member states to meet the objectives set out in the above directives. For this to happen, member states should:

- take all necessary actions to establish companies collecting and removing waste oil;
- decide on methods of collecting waste oil, its possible reuse and/or disposal;
- establish the obligation to obtain permits to conduct activities related to the use and disposal of waste oil;
- ensure the use of the best available technology when regenerating or incinerating waste oils without incurring excessive costs;
- cause the holder of waste oil, if they are unable to safely manage it themselves, to hand it over to an authorized entity;
- ensure that used oils are not mixed with other hazardous waste;
- obligate entities collecting and using waste oils to keep appropriate records.

EU directives, as the basic source of law, also contain prohibitions. Such prohibitions include:

- prohibition of discharging waste oil into the ground and water;
- prohibition of any waste disposal without control of such operation;
- prohibition on the use or disposal of waste oils that would cause contamination of the natural environment.

The Regulation of the Minister of the Environment of the Republic of Poland of 27 September 2001 on the waste catalogue defines engine oil and other operating fluids as hazardous waste and classifies them in one of twenty waste groups. However, the Regulation of the Minister of Economy and Labour of the Republic of Poland of 4 August 2004 specifies a detailed method of handling waste oils, consisting in collecting, storing and classifying them for proper recovery or disposal based on the criteria for admitting them to the regeneration process in order to obtain base oils, and characteristics qualifying waste oil for disposal. The above-mentioned regulation clearly states that when collecting and storing waste oils, it is unacceptable to mix them with other waste or substances, in particular solid waste, diesel oil, heating oil, coolants, brake fluids and other chemical substances and preparations that are not oils. Mixing different types of waste oils is allowed as long as it does not adversely affect the process of their recovery or disposal. According to the above-mentioned regulation, waste oils are collected in tight containers made of flame-retardant materials, resistant to the effects of waste oil, dissipating static electricity charges, equipped with tight closures and protected against breaking. The following must be placed on the container in a visible place:

- inscription: WASTE OIL;
 - information about the waste code or codes in accordance with the waste catalogue according to the Regulation of the Minister of the Environment of the Republic of Poland of 27 September 2001;
 - marking required by special regulations regarding the transport of hazardous waste.
- Containers intended for collecting and storing waste oil from individual owners, placed in public places, additionally include information on how the container is used and data about its owner.

If, during use, the oil has or may have come into contact with a hazardous substance, either in its own form or as a component of a preparation, information about the contamination or possibility of contamination of the waste oil with this substance is placed on the container.

Containers for collecting waste oils can be used in rotation between the waste producer and its next holder, recovery place or disposal site.

Waste oils are stored in hardened places, protected against ground contamination and atmospheric precipitation, equipped with devices or means for collecting waste leaks. These devices must be adapted to the capacity of these containers.

The enormous interest of Polish society in ecological matters resulted in the adoption of the Waste Act of 14 December 2012. This act introduced a database with reference to products and packaging, and waste management. Every service company that has production machines that use hazardous substances, such as gear oils and other similar products, is obliged to dispose of such waste in accordance with the law and register such activities. The following people must report to the database on products, packaging and waste management: car services and workshops.

Further statutory pro-ecological works resulted in the issuance of another regulation of the Minister of Economy of the Republic of Poland of 5 October 2015 which regulates the above-mentioned issues regarding waste oil management even more precisely. One should remember that engine oils are fluids with a specific composition. This composition depends on the tasks assigned to a given type of oil, depending on its purpose. The main tasks of oil include: [3, 4, 5]:

- reducing the effects of friction of co-acting elements;
- heat removal;
- sealing of mating surfaces;
- maintaining cleanliness of co-acting elements;
- protecting of mating surfaces against corrosion;
- suppressing noise and vibrations generated during the mating of working surfaces.

Most often, oils consist of an oil base and various additives, depending on their purpose. The following can be used as additives, inter alia: [6, 7]:

- viscosifiers (limit the influence of temperature on the viscosity of the oil);
- depressants (limit the oil flow temperature);
- detergents (reduce the formation of deposits);
- dispersants (keep additives in the form of suspension);
- corrosion inhibitors;
- anti-foam additives;
- demulsifiers (facilitate the separation of water from oil);
- biocides (inhibit the growth of microorganisms in oil).

Therefore, oil is not a single-component fluid, which is why managing used substances of this type is extremely difficult.

3. Conclusions

Waste oil management is extremely difficult and, for example, filtering used oil alone will not do much good - it will only remove solid contaminants of a given granulation, depending on the screen or filter used. Oil refreshing technologies are needed, e.g. removing oxidation products, restoring (at least partially) the original technical parameters of the oil (viscosity, flash point, pour point, alkalinity, evaporation, etc.). Unfortunately, today biodegradable oils, so desirable in the era of pro-ecological activities, are not technically equal to synthetic oils, which is why the industry uses synthetic oils more often [2, 3]. Nevertheless, technological development of the production of biodegradable oils should be continued in order to minimize the amount of synthetic oil waste. At the same time, the composition of synthetic oils should be modified in such a way that they are more friendly to the natural environment and all of us [4, 6, 7].

4. Literature

- Haluch W., Kiciński K., Romanek J.: Uregulowania prawne w gospodarce odpadami. Recykling, 2005
 - Łabno G.: Ekologia. Słownik encyklopedyczny. Wydawnictwo Europa, Warszawa, 2006.
 - Mikołajczyk J.: Badanie wpływu preparatu eksploatacyjnego Mind M na zmianę własności smarnych oleju bazowego SN-150. Inżynieria i Aparatura Chemiczna Nr 5, s. 235÷236.
 - Mikołajczyk J.: Wpływ dodatków smarowych na transformację warstwy wierzchniej. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Zawodowej im. Stanisława Staszica, Piła 2017.
 - Mikołajczyk J.: Maszyny tarciove. Budowa, przeznaczenie. Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Stanisława Staszica, Piła, 2018.
 - Nosal S.: Tribologia. Wprowadzenie o zagadnień tarcia, zużywania i smarowania. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2012.
 - Sadowski J.: Termodynamiczne aspekty procesów tribologicznych. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 1997.
 - Sadowski J.: Nowa interpretacja i ocena zużycia tribologicznego. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2006.
 - Wójcik R., Zaborowski T., Stachurski W.: Doskonalenie metod chłodzenia i smarowania w procesach szlifowania. Wydawnictwo Poznańskiego Oddziału Polskiej Akademii Nauk, Poznań 2019.
 - Zając P.: Silniki pojazdów samochodowych. Wydawnictwo WKŁ, Warszawa, 2014.
- Zwierzycki W.: Oleje silnikowe i smary dla motoryzacji i przemysłu. Wydawnictwo ITE, Radom, 2001.

PIŁA MULTIMODAL CARD – PRESENT DAY OR FUTURE

Monika WEGERA,

ORCID No: 0009-0008-3106-2673, e-mail: wegeramonika@gmail.com

Katedra Transportu, Akademia Nauk Stosowanych im. Stanisława Staszica w Pile

Filip NIEMCZEWSKI,

ORCID No: 0009-0009-7148-2717, e-mail: niemczewski.filip00@gmail.com

Katedra Transportu, Akademia Nauk Stosowanych im. Stanisława Staszica w Pile

Abstract: The work presents an outline of the project and conditions that should be met by Piła Multimodal Card intended for the integration of various means of public transport in the Piła district. The idea is the result of an analysis of residents' needs regarding communication facilities.

PILSKA KARTA MULTIMODALNA – TERAŹNIEJSZOŚĆ CZY PRZYSZŁOŚĆ

Streszczenie: W pracy przedstawiono zarys projektu oraz warunki jakie powinna spełniać pilska karta multimodalna, przeznaczona do integracji różnych środków transportu publicznego w powiecie pilskim. Pomysł jest wynikiem analizy potrzeb mieszkańców dotyczących udogodnień komunikacyjnych.
Praca koncepcyjna.

1. Introduction

Communication using one ticket is not a new idea, both in our country and in the world. In the past, our country already had public transport tickets valid throughout the country. After the changes in the political system, local governments of individual cities or regional carriers, whether rail or bus transport, independently set the ticket price for the ride. Thus, there is a significant variation in ticket prices in different cities across the country. Moreover, tickets valid in one city are not valid in another, even though their price would be identical. A detailed analysis performed of the needs of inhabitants of the Piła district regarding the convenience of traveling using various intercity transport with one ticket - a multimodal card (Fig. 1) could improve the mobility of residents and streamline the payment process.

2. Purpose of the work

The aim of the work is to design and implement a multimodal card that could be used in many means of public transport in the Piła district. Nowadays, mobility is a key factor in socio-economic development, and public transport plays an important role in ensuring comfortable and efficient movement of residents. The introduction of a multimodal card could enable the integration of various modes of transport, such as buses, water buses or railways, into one coherent payment system. Moreover, the multimodal card could also be used for

other services related to public transport, such as bicycle or electric scooter rentals. Work on introducing the Piła multimodal card into circulation began with the analysis of residents' requirements regarding public transport. This analysis included both the needs of future users as well as technical and financial requirements that should be taken into account when designing and implementing the system. Currently available means of public transport in Piła district include city buses, inter-municipal buses, water bus and railway. Designing and implementing a multimodal card that will meet users' requirements and which will be integrated with existing public transport systems in the Piła district is difficult. Below presented are key elements that should be taken into account in the design process of the Piła Multimodal Card [3, 4, 5]:

- card architecture: determining the structure and functionality of the multimodal card and its type (magnetic card, proximity card, electronic card or other);
- selection of appropriate communication standards and protocols to ensure full compatibility with public transport systems;
- identifying the basic functions of the card, such as the ability to pay for rides, vehicle access control, integration with other transport services;
- considering additional functions that may increase the convenience and usability of the card, e.g. access to information about timetables, account balance, the ability to top up the card online, etc.;
- ensuring card security (use of data encryption, unique card identifiers, authentication methods, protection system against theft, loss or unauthorized use or use of biometric technology, etc.).

Furthermore, it would be necessary to determine methods of integrating the multimodal card with existing public transport systems, such as ticket systems, card reading devices, passenger information system. It would also be necessary to design communication interfaces and protocols required to transfer data between the card and public transport systems.



Fig. 1. An exemplary design of the Piła Multimodal Card

In summary, the design and implementation of the multimodal card requires consideration of architecture, functionality, security and integration with existing public transport systems. It is also important to adapt the card to the specific requirements of the Piła district and the needs of users to ensure a convenient, effective, safe and consistent payment system in many modes of transport [1, 2].

Before implementing the above idea, it would be necessary to conduct thorough functional and performance tests of the multimodal card system in order to identify and eliminate errors and faults. It also seems necessary to prepare and conduct training for staff operating the multimodal card system in various locations of our district.

The production of a physical multimodal card should ensure an appropriate level of physical security, such as holograms, serial numbers, watermarks. Bringing such an idea to life is also related to the establishment of an effective system for monitoring and managing the functioning of the multimodal card system, including providing technical support [4. 5].

3. Economic aspects

The introduction of a multimodal card to the means of public transport in the Piła district should result in the reduction of transport costs. The key elements of the economic aspects of a multimodal card include the following types of costs:

- costs of system implementation;
- costs of system functioning;
- costs of improving the multimodal card system.

4. Conclusions

A multimodal card - as a properly implemented project, has some potential to improve the payment system and the use of public transport in the Piła district. Properly implemented, the idea can contribute to increasing the efficiency, convenience and availability of means of public transport for both residents of our district as well as tourists. It can also help to improve residents' mobility and streamline the payment process. However, this undertaking is quite difficult to implement and carries some risk. Ultimately, however, it is always the market that decides whether a given idea will be accepted or not.

4. Literature

1. Harasim J.: Europejski rynek płatności detalicznych. Wydawnictwo CeDeWu. Warszawa, 2011 r.
2. Kulawiec W.: Systemy płatności mobilnych BLIK w opiniach młodych osób w Polsce. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, t.1, Toruń, 2019 r.
3. Matusiakiewicz Ł.: Split payment – podzielona płatność: praktyczne problemy: praktyczne vademecum. Oficyna Wydawnicza UNIMEX, Renata Zubrzycka, 2019.
4. Marciniak-Neider D.: Płatność w handlu zagranicznym. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 2001r.
5. Górka J., Górski M.: Innowacje płatności. Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, 2015r.
6. Polasik M.: Modelowanie wykorzystania metody płatności detalicznych na rynku polskim. Wydawnictwo Narodowego Banku polskiego, Instytut Ekonomii, Zeszyt nr 265, Warszawa, 2012r.

FP LABORATORY STATION FOR APPLYING COPPER COATING BY ELECTROLYSIS

inż. Mariusz PIGULEWSKI

e-mail: mpigulewski@gmail.com

Katedra Inżynierii Mechanicznej, Akademia Nauk Stosowanych im. Stanisława Staszica
w Pile

ul. Podchorążych 10, 64-920 Piła

inż. Tomasz FLAKIEWICZ

e-mail: tomasz.flakiewicz@interia.pl

Katedra Inżynierii Mechanicznej, Akademia Nauk Stosowanych im. Stanisława Staszica
w Pile

ul. Podchorążych 10, 64-920 Piła

STANOWISKO LABORATORYJNE FP DO NANOSZENIA POWŁOKI MIEDZIANEJ METODĄ ELEKTROLIZY

Streszczenie: W pracy przedstawiono stanowisko laboratoryjne do nanoszenia powłoki miedzianej metodą elektrolizy wg własnego projektu i własnego wykonania. Niniejsze stanowisko stanowi pracę dyplomową wykonaną na Katedrze Inżynierii Mechanicznej ANS

w Pile i ma zastosowanie w dydaktyce akademickiej. Dzięki innowacyjnemu podejściu dyplomantów zaprojektowane i wykonane stanowisko jest zarazem nowoczesne, bezpieczne i łatwe w obsłudze. Stanowisko laboratoryjne umożliwia ponad to nanoszenie innych rodzajów powłok, co stanowi jego niewątpliwą zaletę i uniwersalność.

Abstract: The work presents a laboratory station for applying copper coating by electrolysis according to our own design and preparation. This lab station constitutes a diploma thesis prepared at the Department of Mechanical Engineering of ANS in Piła, and is used in academic teaching. Thanks to an innovative approach of graduation students the designed and constructed lab set is modern, safe and easy to use. The prepared laboratory station also allows the application of other types of coatings, which constitutes its undoubted advantage and universality.

1. Introduction

Galvanic coatings made using the electrochemical method are one of the ways of modifying the performance of products. These layers are obtained by immersing the metal in an electrolyte (containing coating metal ions) through which flows current. During the current flow, metal ions move towards the cathode (coated metal) and deposit on it [1, 2, 3, 7, 9]. The purpose of using galvanic coatings may be, inter alia:

- to improve abrasion resistance;
- to increase electrical conductivity;
- to protect against corrosion;
- to repair worn parts;

- to protect the surface against subsequent technological processes;
- to improve the properties during metal working, joining products (soldering, welding);
- possibility of depositing several types of metals and alloys to obtain multilayer coatings.

Galvanic coatings have various purposes. Due to their use, they can be divided into:

- protective coatings – these are coatings that are intended to protect metal against corrosion; coatings of zinc, tin, copper, sometimes bronze or nickel are used to protect against corrosion;

- decorative coatings - these coatings are characterized by an attractive appearance for a

long time of use; the use of a given metal/alloy for decorative purposes is mainly determined by the durability of its color, gloss and resistance to oxidation, and these conditions are met by, inter alia, palladium, chrome, platinum, silver, gold coatings; the thickness of decorative coatings is usually small and ranges from 0.25 μm to 3.0 μm ;

- decorative and protective coatings - these are to improve the appearance of a given product and also to improve the protection of metal against corrosion; these conditions

are met, among others, by: nickel coatings or multilayer nickel-chromium, copper-nickel, copper-nickel-chromium coatings; the thickness of this type of coatings is usually very high and is up to 25 μm ;

- technical coatings - the purpose of using such a coating is, for example, to increase abrasion resistance, improve electrical conductivity (mainly used in electronic printed circuits), increase the possibility of soldering or regenerating worn parts.

The branch of chemistry which deals with changes that occur when current flows through a

material is electrochemistry, and the process itself is called electrolysis [8, 11, 12, 13]. Electrolysis is a forced process taking place in an electrolytic conductor. The carriers of

electric charge are positive ions - cations, and negative ions - anions. Their motion is forced

by connecting an external direct current source to electrodes immersed in the electrolyte [4, 6,

8]. The electrolysis process itself is a technically difficult process, despite many naive opposing views. An incorrectly performed electrolysis process results in matt, heterogeneous,

sometimes sponge-like coatings with uneven thickness and structure and poor adhesion to the

base material [1, 3, 5].

Fig. 1 shows a model of an electrolytic cell. The anode is connected to the positive pole of the power source and the cathode to the minus pole. After turning on the power, the

copper dissolution process takes place on the anode. Copper changes from its atomic state to

its ionic state. The electrolyte plays an auxiliary role in the transport of cations.

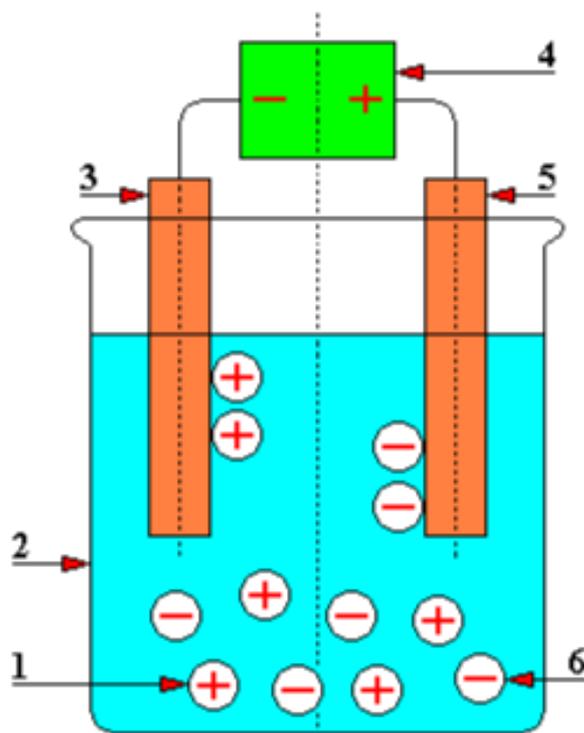


Fig. 1. Model of an electrolytic cell

1 – cation; 2 – electrolyte; 3- cathode; 4 – power source; 5 – anode; 6 - anion

- The electrolysis process is characterized by two Faraday's laws. Faraday's first law states that the mass of substances released on the electrodes during electrolysis is directly proportional to the value of the current intensity and duration of the electrolysis process. Faraday's second law says that the mass of various substances released on the electrode during current flow is proportional to their chemical equivalents [1, 2, 11, 13].
-
- 2. Design and construction of the lab station
-
- Based on previously conducted electrogalvanization tests [8, 9, 10], the following features of the designed teaching station for applying copper coatings were set. This station should make it possible to:
 - control the duration of the copper plating process;
 - control the voltage and current intensity;
 - have the operating range for current density $1 \div 10 \text{ A/dm}^2$;
 - connect to the 230 V grid;
 - stir the electroplating bath;
 - easily keep working parts clean;
 - use laboratory vessels with a maximum capacity of 600 ml;
 - carry out electrolytic degreasing, rust removal and coating processes on separate electrolytic cells;
 - replace anode easily.
- After analyzing the requirements for the device and electrical components available on the market, the station was constructed using, among others, the following elements:
 - XY-WJ01 timer (Fig. 1) intended to control the duration of the process, characterized by the following parameters: supply voltage $6 \div 30 \text{ V}$, operating current consumption 80 mA, operating time range from 0 seconds to 9999 minutes, relay current carrying capacity 20A for 14 V DC, dimensions 43x78x21 mm;



Fig. 2. XY-WJ01 timer [10]

- STEP-DOWN XL-4016 converter (Fig. 3) designed for smooth regulation of voltage and current intensity, characterized by input voltage $6\div 42$ V, output voltage $1.2\div 30$ V (DC), maximum current 10A, built-in short-circuit protection, dimensions $65\times 47\times 26$ mm;



Fig. 3. Voltage and current intensity regulation converter type XL-4016 [14]

- digital voltage and current intensity meter with built-in shunt (Fig. 4) with the following parameters: supply voltage $5\div 30$ V, measurement range $0\div 99.9$ V (DC), calibration possible, dimensions: $48\times 29\times 26$ mm;



Fig. 4. Digital voltage and current meter [14]

LT-150 switching power supply (Fig. 5) with a power of 150 W and voltage of 12 V, ensuring a stable power supply and appropriate current density for galvanizing at high efficiency, characterized by built-in overload protection and dimensions $199\times 98\times 42$ mm;



Fig. 5. Switching power supply type LT-150 with a power of 150 [W] and voltage of 12 [V] [13]

- RS203-6C3R rocker button (Fig. 10), three-position, six-pin, equipped with a splash-proof cover, designed to reverse the polarity of the electrogalvanic cell or turn it off;



Fig. 6. Air pump [12] for mixing the electroplating bath

- KDC7 rocker switch (Fig. 7), two-position, six-pin, with backlight, equipped with a splash-proof cover, enabling complete separation of the device from the 230 V mains power supply;



Fig. 7. Two-position, six-pin illuminated rocker switch type KDC7 [11]

- KDC3 rocker switch (Fig. 8), two-position, two-pin, equipped with a splash-proof cover, enabling interruption of the circuit supplying the air pump;



Fig. 8. Two-position, two-pin rocker switch type KDC 3 [11]

- momentary button type PBS-33B (Fig. 9), two-pin, equipped with a cover lifted by a flap to prevent accidental pressing, designed to start the digital timer of the device's operating time;



Fig. 9. Two-pin momentary button type PBS-33B equipped with a cover [11]

- air pump (Fig. 6) intended for mixing the electroplating bath, characterized by a built-in valve for controlling the amount of air flow, supply voltage of 12 V, operating current consumption of 0.5A and efficiency of 5 L/min;



Fig. 10. Three-position, six-pin rocker button, type RS203-6C3R [11]

- vessel for the electroplating bath, low beaker with a capacity of 600 ml ISO 3819, dimensions 90x125 mm, made of BORO 3.3 glass;
- the body of the station is made of S235 structural steel covered with RAL 9005 epoxy powder paint to protect against low concentration acids and alkalis; electrically conductive elements are made of 316L steel, and insulators are made of Teflon.

To calculate the cross-sections of electric cables in the DC constant voltage section of the designed station, an online calculator was used (Fig. 11) according to which the minimum cross-section of cables for the given operating parameters is 1 mm². For safety reasons, the device uses a copper wire with a cross-section of 1.5 mm² as conductors. Due to a low current consumption for the AC voltage section, the calculation of the wire cross-section was omitted.

Based on preliminary experience and the availability of S 235 sheet metal with a thickness of 1.5 mm, originating from post-production waste, the dimensions of samples were determined to be 57x37 mm, which allowed to obtain 126 samples from one post-production sheet (Fig. 12).

For the purposes of building this laboratory station, all its components were designed in 3D graphics based on manufacturers' catalog data (for purchased parts) and on the basis of our own design (for self-made parts). Therefore, a library of models of all components of the designed laboratory station with the working name FP was created.

Fig. 13 shows the location of the electrode in the body of the FP electrogalvanizer device in relation to the beaker.

Fig. 14 shows the planned arrangement of control elements on the FP electrogalvanizer panel.

To increase the clarity of control, descriptions of the control panel elements were designed and then cut out using a graphic plotter (Fig. 15).

Fig. 16 shows a visualization of the designed FP laboratory station made in Inventor.

Fig. 11. Method of calculating the cross-section of an electrical installation cable for the constant voltage section in a laboratory station for applying copper coating by electrolysis, using an online calculator [<https://enterius.eu/wspiera/kalkulator-przekroju-przewodoe-led/>]

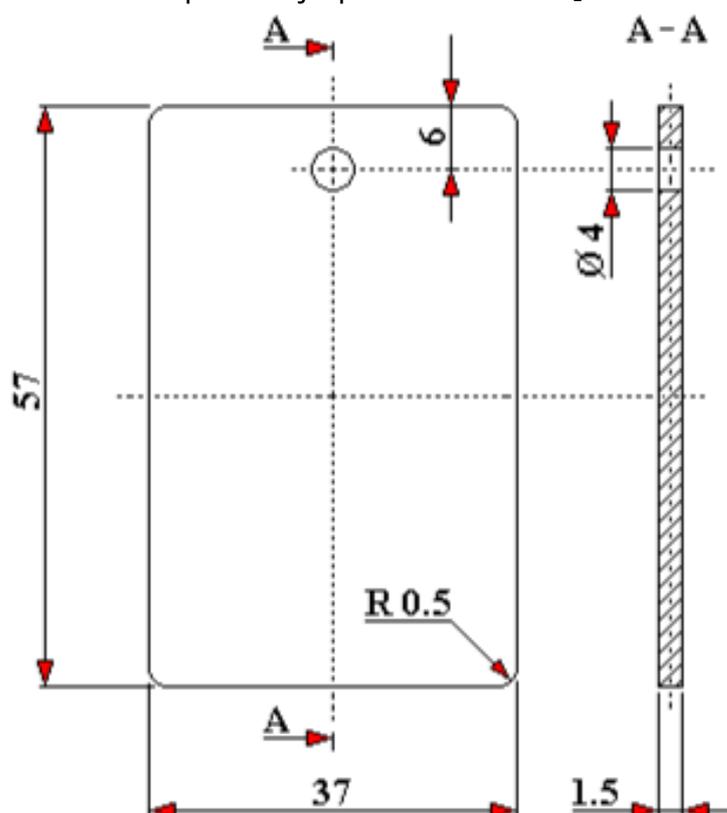


Fig. 12. Dimensions of samples intended for copper plating. Steel grade S 235

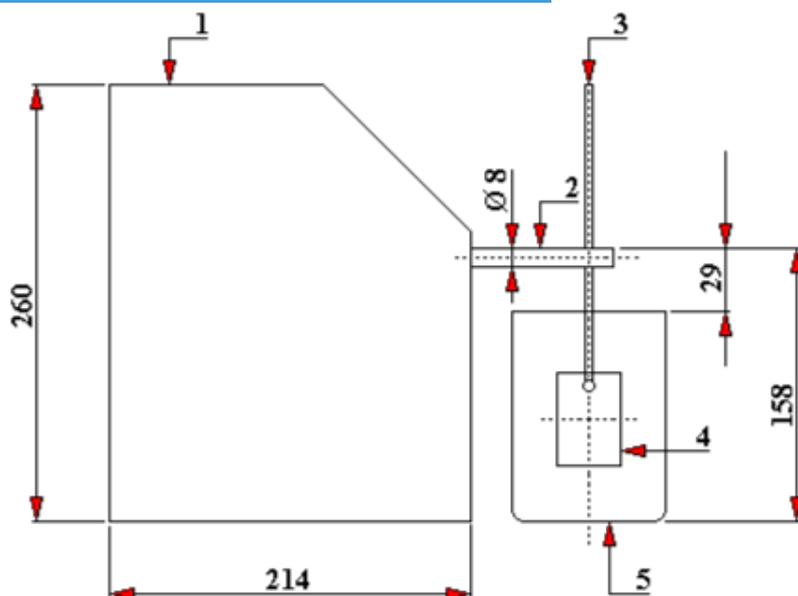


Fig. 13. Location of the electrode in the body of the FP electrogalvanizer device in relation to the beaker

1 – body; 2 – electrode; 3 – pendant; 4 – sample; 5 – beaker

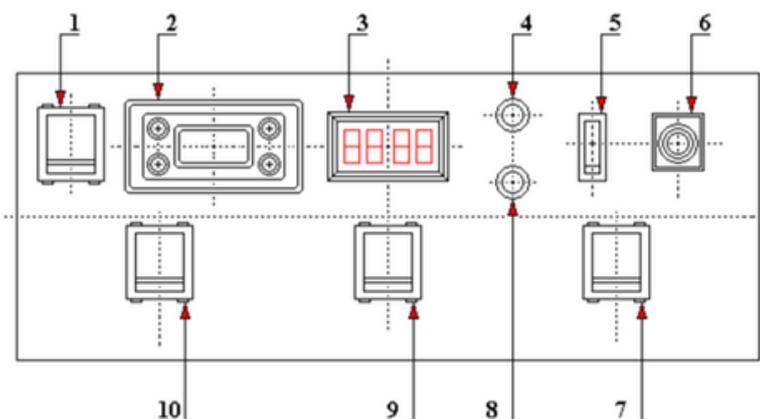


Fig. 14. Planned arrangement of control elements on the FP electrogalvanizer panel.

1 – power control; 2 – timer; 3 – digital meter; 4 – manual voltage current potentiometer; 5 – air pump operation control; 6 – control of the operation of the electrogalvanometer; 7 – control of the operation of cell No. 3; 8 – manual current potentiometer; 9 – control of the operation of cell No. 2; 10 – control of the operation of cell No. 1



Fig. 15. View of descriptions of the control elements of the FP laboratory station made using a graphic plotter



Fig. 16. Visualization of the designed FP laboratory station made in Inventor.

Fig. 17 shows the measurement of the bending angle of the body of the FP laboratory station intended for applying copper coating by electrolysis. Fig. 18 shows the operation of deburring the holes in the body of the FP laboratory station.



Fig. 17. Measurement of the bending angle of the body of the FP laboratory station intended for applying copper coating by electrolysis.

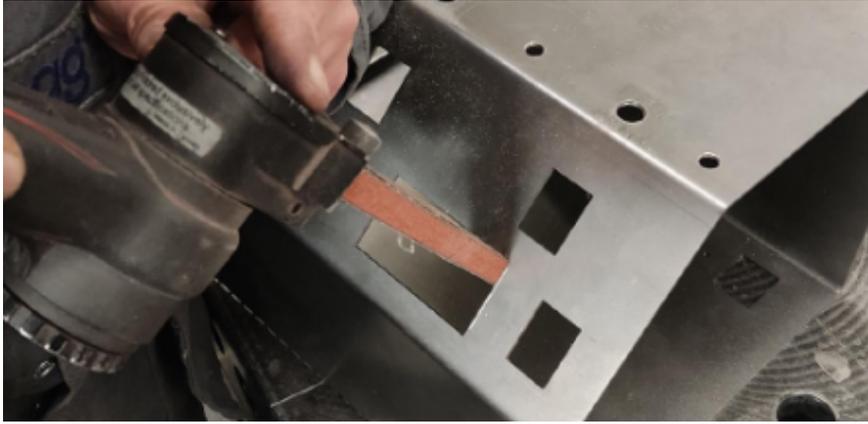


Fig. 18. Technological operation of deburring holes in the body of the FP laboratory station for applying copper coating by electrolysis

Fig. 19 and 20 show the spot welding process of the designed body of the FP laboratory station. Fig. 18 shows the operation of deburring the holes in the body of the FP laboratory station. 21 and 22 show a welded joint of the FP station body made using the TIG 142 method.



Fig. 19. Technological operation of spot welding of the body of laboratory station for applying copper coating by electrolysis



Fig. 20. View of the body of the laboratory station for applying copper coating by electrolysis after spot welding

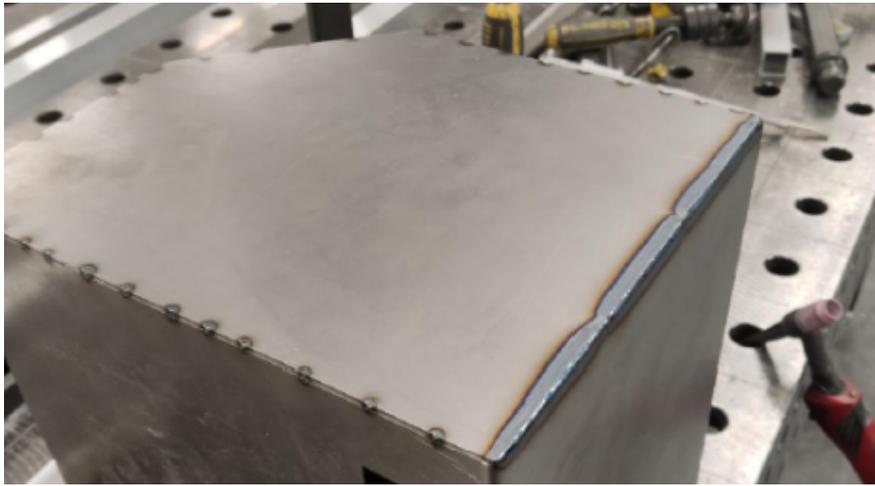


Fig. 21. TIG 142 welded joint of the body of the laboratory station for applying copper coating by electrolysis

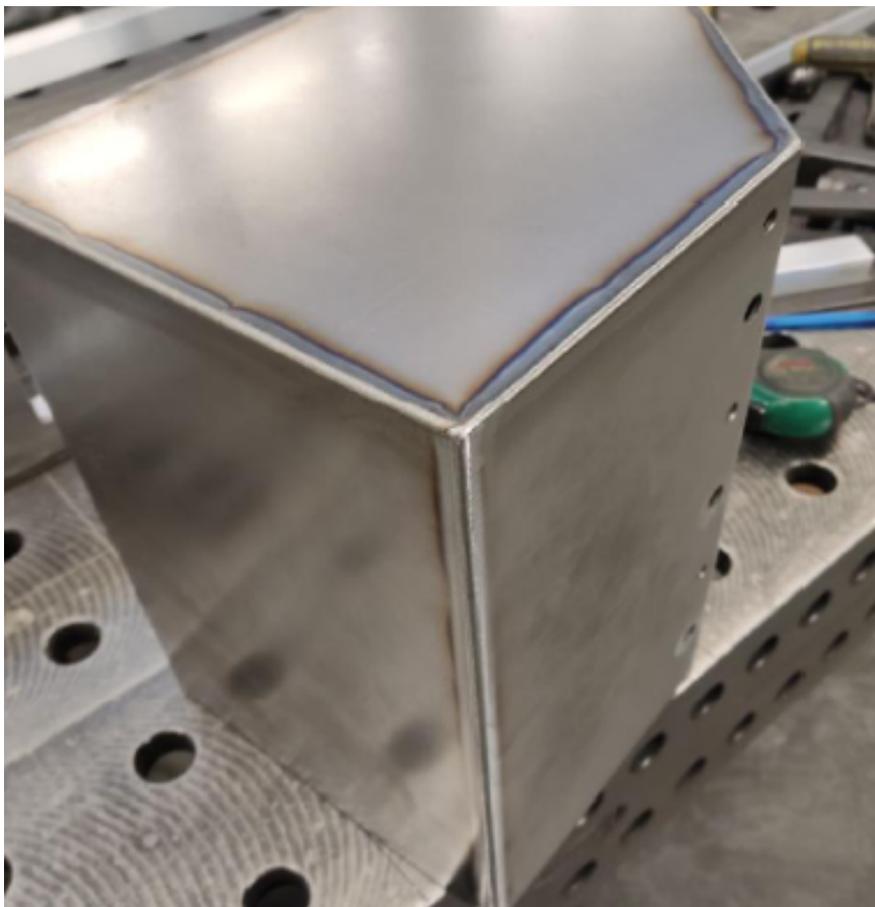


Fig. 22. View of the processed edges of the body of laboratory station for applying copper coating by electrolysis

Fig. 23 shows a diagram of the electrical installation of the FP laboratory station, while Fig. 24 shows the process of making Teflon locating insulators. Fig. 25 shows a view of the FP station body after powder coating.

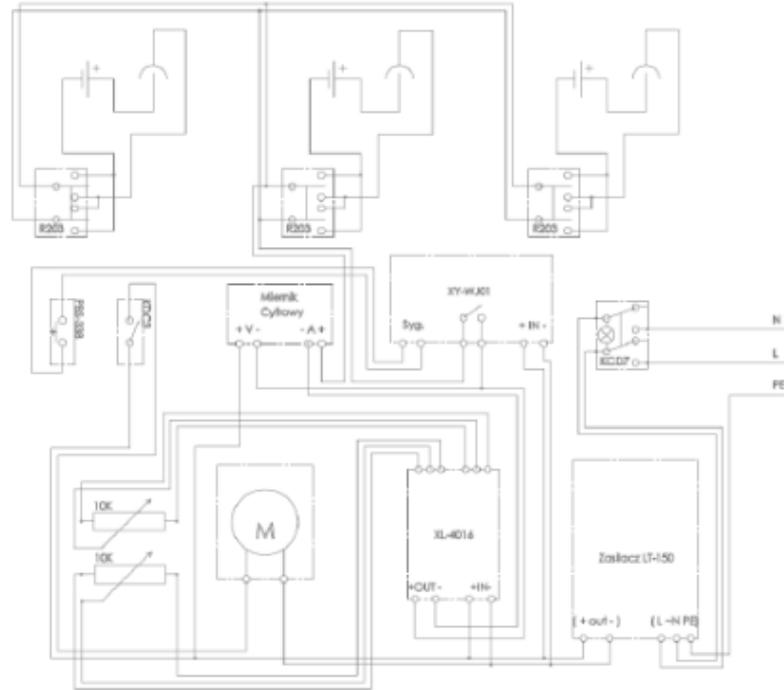


Fig. 23. Diagram of the electrical installation of the FP laboratory station



Fig. 24. The process of making a Teflon locating insulator, a drilling operation, in a laboratory station for applying copper coating by electrolysis

Fig. 26 shows the ready FP laboratory station after the assembly of all components, ready for operation.



Fig. 25. View of the body, FP laboratory station for applying copper coating by electrolysis, after powder coating



Fig. 26. Activation of the sample before the electrogalvanization process on the FP laboratory station

On this laboratory station, depending on the bath used, the nickel plating process (Fig. 27) or copper plating process (Fig. 28) can be carried out. The components used enable such work. Fig. 29 shows a steel sample after applying copper-plated coating, while Fig. 30 shows the entire FP laboratory station with a work table.

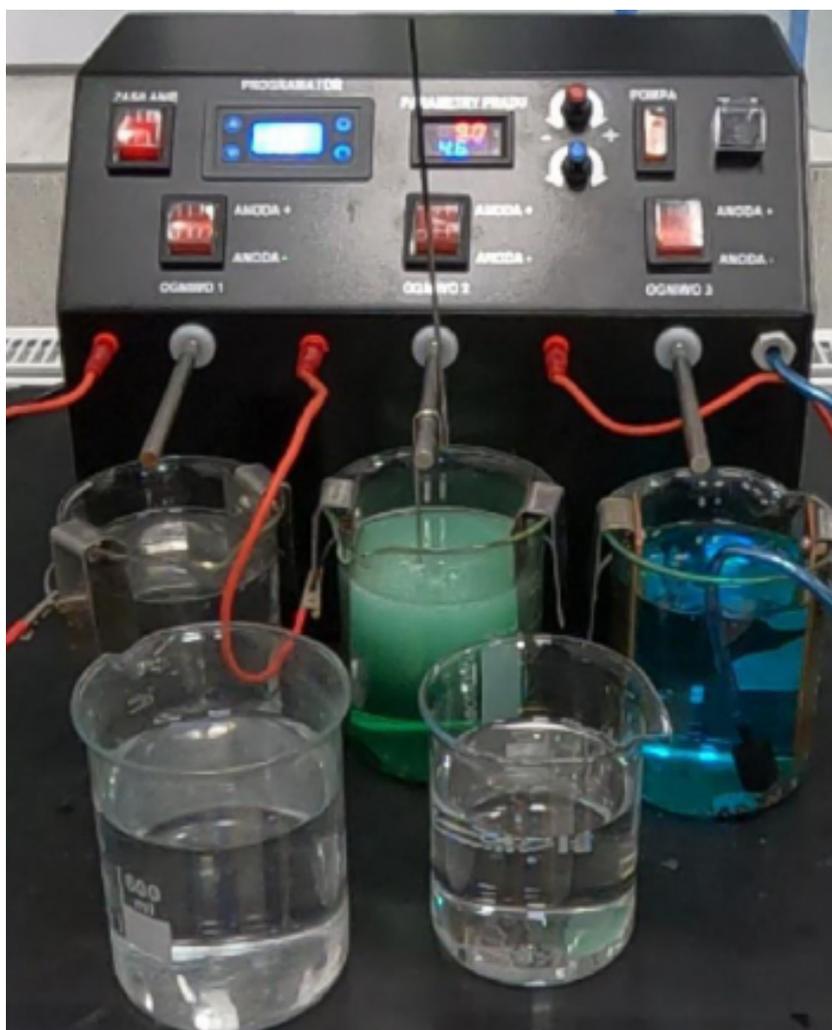


Fig. 27. FP laboratory station during the nickel plating process

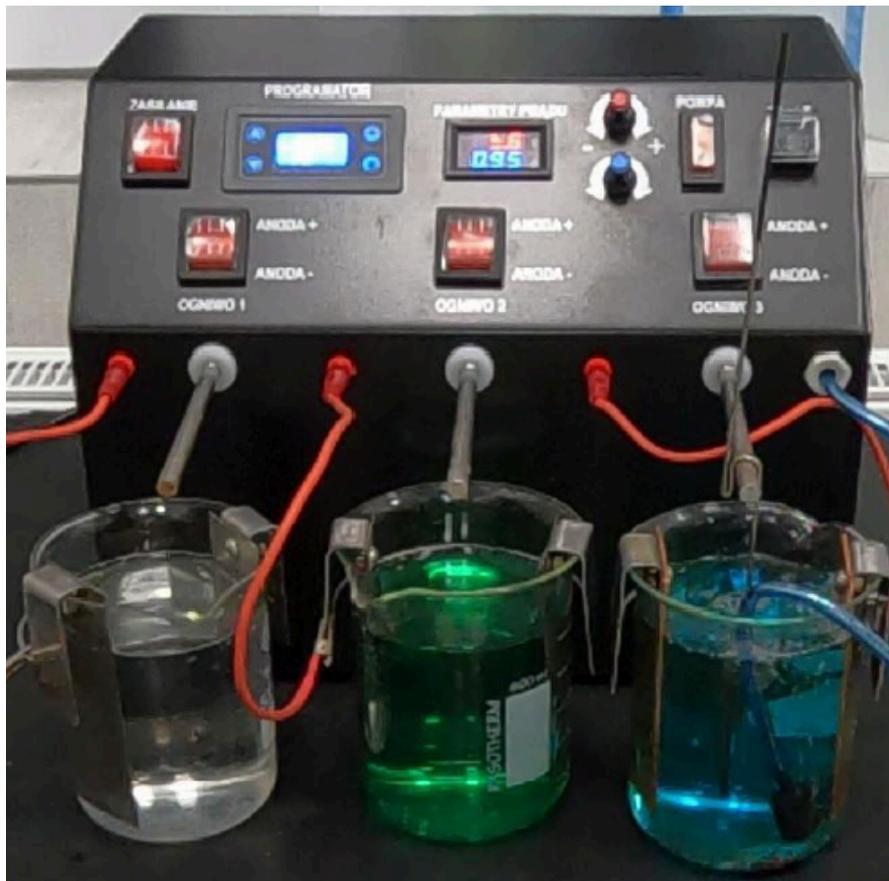


Fig. 28. FP laboratory station during the copper plating process

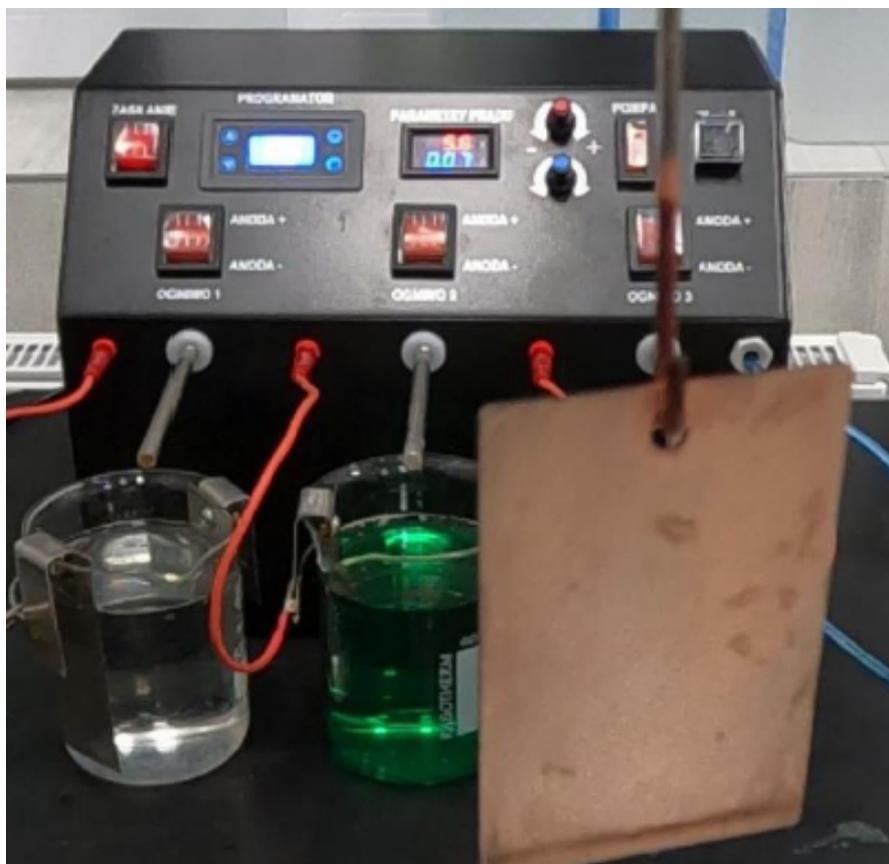


Fig. 29. A sample of non-alloyed steel after applying copper coating using electrolysis on the FP laboratory station



Fig. 30. FP laboratory station for applying copper coating by electrolysis

3. Conclusions

The FP galvanizer is intended for applying protective and decorative coating with the use of electrolysis (copper plating, nickel plating, gold plating, rhodium plating, electrolytic degreasing). It is characterized by simple construction and reliable work. Its operation is simple and safe. However, due to the use of electroplating baths, one should always exercise some caution when working. For teaching purposes, the device fully meets its purpose.

4. Literature

1. Biestek T., Weber J.: Powłoki konwersyjne. Państwowe Wydawnictwo Techniczne, Warszawa, 1968 r.
 2. Łabno G.: Ekologia. Słownik encyklopedyczny. Wydawnictwo Europa, Warszawa, 2006.
 3. Mikołajczyk J.: Maszyny tarciovne. Budowa, przeznaczenie. Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. S. Staszica w Piła, Piła 2018 r.
 4. Mikołajczyk J.: Wpływ dodatków smarowych na transformację warstwy wierzchniej. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Zawodowej im. Stanisława Staszica, Piła 2017.
 5. Mikołajczyk J.: Tribotestery. Budowa, przeznaczenie. Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Stanisława Staszica, Piła, 2019 r.
 6. Piochacz A., Mikołajczyk J.: Wpływ czasu trwania procesu anodowania stopu aluminium EN AW-6060 na grubość i trwałość otrzymanej powłoki. Czasopismo Naukowo-Techniczne Postępy w Inżynierii Mechanicznej. Nr 12(6)2018, str. 49÷56, Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, Bydgoszcz, 2019 r.
 7. Piochacz A., Mikołajczyk J.: Determination of the thickness of anodized layer on the basis mathematical models. Developments in Mechanical Engineering, No 16(8) 2020, Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, Bydgoszcz, 2020 r.
 8. Pokrasen A.: Pokrycia ochronne i dekoracyjne. Państwowe Wydawnictwo Techniczne, Warszawa, 1959 r.
 9. Posmyk A.: Kształtowanie właściwości tribologicznych warstw wierzchnich tworzyw na bazie aluminium. Politechnika Śląska, Gliwice, 2002 r.
 10. Praca zbiorowa. Poradnik galwanotechnika. Państwowe Wydawnictwa Techniczne, Warszawa, 1961.
 11. Rekść W.: Galwanotechnika. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1992 r.
 12. www.demet.pl
- Wirbilis S.: Galwanotechnika dla rzemieślników. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1986 r.

DEVELOPMENT OF 3D PRINTING - FROM DREAMS TO REALITY

Łukasz PIOTROWSKI

e-mail: luxiarz1998@gmail.com

Katedra Inżynierii Mechanicznej, Akademia Nauk Stosowanych im. Stanisława Staszica
w Piłę

ul. Podchorążych 10, 64-920 Piła

ROZWÓJ DRUKU 3D - OD MARZEŃ DO RZECZYWISTOŚCI

Streszczenie: W publikacji przedstawiono poszczególne etapy prac związanych z użytkowaniem drukarek 3D – od potrzeby, którą generuje najczęściej samo życie, poprzez projekt wirtualny, aż do końcowego wydruku danego elementu. Praca projektowa.

Abstract: The paper presents the stages of work related to the use of 3D printers – starting from the need - that is most often generated by life itself - through the virtual project and the final printing of a given element. Design work.

1. Wstęp

Druk 3D, znany również jako drukowanie addytywne, to technologia pozwalająca na budowanie trójwymiarowych obiektów, warstwa po warstwie, co jest odmienne od tradycyjnych metod produkcyjnych. Obecnie druk 3D znajduje m. in. zastosowanie w takich dziedzinach nauki jak medycyna, lotnictwo, architektura i inne.

Pierwsze próby druku 3D sięgają lat 80-tych XX wieku, kiedy to Charles Hull wynalazł proces znany jako stereolitografia. Metoda ta polegała na utwardzaniu ciekłego polimeru za pomocą promieniowania UV, co pozwalało na budowanie trójwymiarowych obiektów, warstwa po warstwie. Początkowo stereolitografia miała zastosowanie do budowy prototypów, głównie różnych maszyn, silników, samolotów, samochodów itp. Rozwinięciem stereolitografii jest metoda drukowania Fused Deposition Modeling (FDM), następnie metoda Selective Laser Sintering (SLS) oraz metoda Electron Beam Melting (EBM), które to metody znalazły już duże zastosowanie w produkcji masowej wielu gałęzi przemysłu [1, 2, 5].

Stopniowy rozwój oprogramowania oraz elementów wykonawczych drukarek 3D umożliwił budowę m. in. skomplikowanych i lekkich struktur elementów nośnych stosowanych w lotnictwie. Zwiększenie dokładności produkowanych na drukarkach 3D części skutkowało zastosowaniem ich do produkcji implantów medycznych, w protetyce czy też do produkcji żywności [3, 4, 11].

Początkowo olbrzymim ograniczeniem zastosowania druku 3D w życiu codziennym był bardzo mały zbiór materiałów, z których można było drukować. Do zbioru tego można było wówczas zaliczyć nieliczną grupę tworzyw sztucznych utwardzanych różnymi metodami. Opracowanie nowych materiałów i technologii ich obróbki umożliwiło drukowanie elementów metalowych (głównie z metali niskotopliwych), ceramicznych, a nawet tkanek biologicznych [6, 8, 9].

Wadą obecnie produkowanych drukarek 3D jest olbrzymia czasochłonność procesu drukowania. Swoją wydajnością raczej nie dorównają one innym procesom produkcyjnym, np. procesowi odlewania. Jednakże dobrze spełniają swoją rolę przy np. produkcji krótkich serii części, które już wyszły z produkcji, a których wznowienie produkcji nie jest opłacalne. Drukarki 3D dobrze się sprawują również w takich przypadkach, gdy konieczna jest regeneracja zużytych czy zniszczonych części maszyn [7, 9, 11].

2. Algorytm wykonania elementu drukowanego

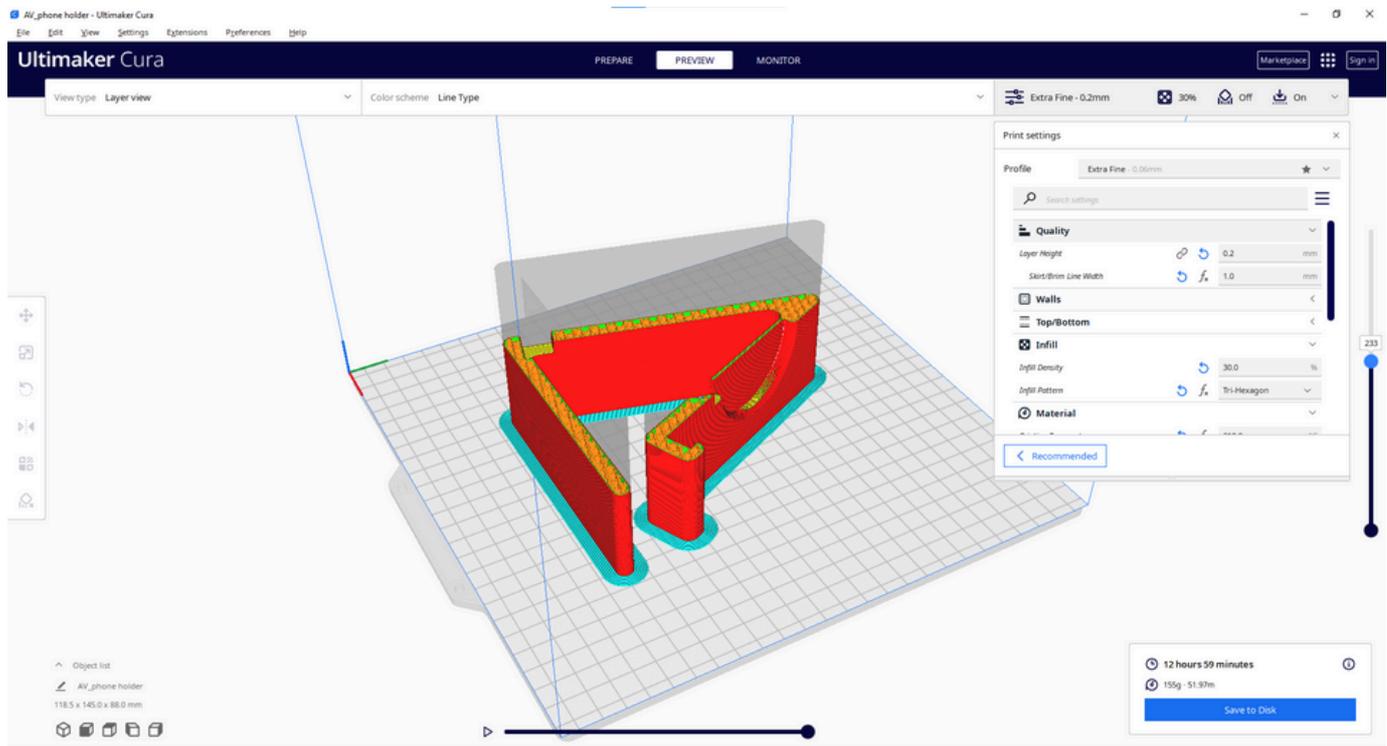
Z uwagi na olbrzymie zastosowanie drukarek 3D oraz ich dostępność, poniżej przedstawiono przykładowy element zaprojektowany w programie Autodesk Fusion 360 i wydrukowany na drukarce 3D własnej konstrukcji. Elementem, który będzie wykonywany jest podstawka do telefonu z miejscem na ładowarkę indukcyjną. Wymiary gabarytowe podstawki pobrano z katalogu producenta telefonu, a następnie zaprojektowano podstawkę w w/w programie (rys. 1). Te wymiary, których producent nie podał, dobrano wg własnego doświadczenia.



Rys. 1. Projekt podstawki do telefonu wykonany w programie Autodesk Fusion 360

Gotowy projekt podstawki zapisano w formacie STL, a następnie obrobiono za pomocą jednego z programów nazywanych potocznie slicerami. Programy tego typu dzielą wcześniej przygotowany model 3D na pojedyncze warstwy i generują G-cod, który drukarka jest w stanie zinterpretować. W niniejszym przykładzie zastosowano program Ultimaker Cura (rys. 2). Podczas pisania G-codu należy pamiętać o dostosowaniu właściwości wydruku do danego obiektu oraz do zastosowanego materiału. Najważniejszymi parametrami na tym etapie pracy jest odpowiednie ustawienie [3, 4, 5]:

- temperatury ekstrudera;
- temperatury łoża drukarki;
- prędkości posuwu głowicy;
- stopnia wypełnienia;
- podpór drukowanego elementu.



Rys. 2. Projekt warstwowy podstawki do telefonu wykonany w programie Ultimaker

Po uruchomieniu urządzenia i zainicjowaniu wydruku czekamy tylko na zakończenie procesu. W zaprojektowanej podstawce pod telefon czas wydruku wynosi ok. 13 godzin. Programy typu slicer mogą się mylić względem szacowania czasu wydruku nawet o 15%. Zazwyczaj rzeczywisty czas wydruku jest dłuższy niż przewidywany czas druku [6, 8, 10].

Dobrym zwyczajem jest wyposażyć drukarkę 3D w zasilacz typu UPS. Zazwyczaj uruchamiamy drukarkę i idziemy do pracy, szkoły, do swoich zajęć, a proces drukowania trwa. Dobrze więc zapewnić drukarce pewność braku zaniku napięcia w sieci elektrycznej.

Należy pamiętać, że jeżeli pewien zespół składa się z kilku, kilkunastu części o różnych właściwościach, czyli z różnych materiałów, konieczne jest drukowanie każdego z tych elementów oddzielnie z zastosowaniem danego rodzaju materiału. Wówczas stosuje się takie rozwiązanie, że pracuje kilka drukarek obok siebie, każda wykonuje inną część. Dzięki temu wydajność procesu zwiększa się i pozostaje tylko montaż wykonanych części w jeden zespół.



Rys. 3. Widok gotowej podstawki pod telefon po zakończonym wydruku. Wewnątrz znajduje się ładowarka indukcyjna do telefonu.

3. Wnioski

Pomimo olbrzymich postępów w druku 3D jakie nastąpiły w przeciągu zaledwie kilku dekad, jednym z głównych problemów pozostaje nadal kontrola jakości i certyfikacji wydrukowanych części, szczególnie dotyczy to przemysłu lotniczego i medycyny. Ponad to istnieją uzasadnione obawy, że jeżeli (przynajmniej z założenia) drukarka 3D może drukować wszystko, to również może produkować broń lub inne tego typu przedmioty, których posiadanie, a tym bardziej używanie może być prawnie zabronione bez odpowiednich uprawnień, licencji.

Rosnąca liczba firm inwestujących w badania i rozwój technologii druku 3D, może przyczynić się do bardziej zrównoważonego wykorzystania surowców i ograniczenia odpadów. Pewną uciążliwością druku 3D jest jego czasochłonność. Zwiększenie prędkości druku powoduje znaczne pogorszenie jego jakości [8, 11, 12].

4. Literatura

1. Arabik R.: Stanowisko do automatycznej kontroli wizyjnej kamerą, wykonane z wykorzystaniem technologii druku 3D dla wybranych elementów stanowiska. Praca inżynierska napisana pod kierunkiem dra inż. W. Gruszeckiego. Akademia Nauk Stosowanych w Tarnowie. Tarnów 2022.
2. Caban J., Szala M., Kęsik J., Czuba Ł.: Wykorzystanie druku 3D w zastosowaniach automotive. Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe. Instytut Naukowo-Wydawniczy SPATIUM sp. z o.o., 2017.
3. Cichoń K., Brykalski A.: Zastosowanie drukarek 3D w przemyśle. Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie. Przegląd Elektrotechniczny, Vol. 93, nr 3/2017.
4. Dodziuk H.: Perspektywy rozwoju druku 3D. Druk 3D/AM. Zastosowanie oraz skutki społeczne i gospodarcze. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2019.
5. Domaszka M.: Symulacja układu optycznego projektora DLP ze źródłem LED. Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, nr 95, Gdynia, 2016.
6. Koziół P.: Badanie wytrzymałości zmęczeniowej wydruków 3D z materiałów elastycznych. Praca magisterska. Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów, 2022.
7. Madej K., Koziół P., Arabik R., Żyłka W., Hołota B.: Druk 3D w aspekcie zastosowań przemysłowych. Kwartalnik Naukowo-Techniczny Obróbka Metalu, nr 2/2023, s. 14÷20.
8. Styp-Rekowski M., Matuszewski M., Oborski I., Polishchuk O.: Miejsce technik przyrostowych w procesach wytwórczych. Kwartalnik Naukowo-Techniczny Obróbka Metalu, nr 2÷3/2020.
9. Werner A.: Ocena dokładności realizacji procesu inżynierii odwrotnej obiektu przestrzennego. Pomiary, automatyka, robotyka. Wydział Mechaniczny Politechniki Białostockiej, nr 5/2012.
10. www.stratasys.com/en/
11. www.3dsystems.com/
12. Zieliński M.: Drukowanie trwałych elementów z tworzyw termoplastycznych w technologii FDM/FFF. Tworzywa sztuczne w przemyśle, nr 4/2021.

DIAGNOSING THE CONDITION OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

dr inż. Wiktor KUPRASZEWICZ

e-mail: wkupraszewicz@ans.pila.pl

Katedra Inżynierii Mechanicznej, Akademia Nauk Stosowanych im. Stanisława Staszica
w Pile

ul. Podchorążych 10, 64-920 Piła

ROZPOZNAWANIE STANU SILNIKA SPALINOWEGO

Streszczenie: Zagadnienie oceny stanu technicznego silnika spalinowego nabiera szczególnego znaczenia przede wszystkim na etapie eksploatacji, z uwzględnieniem uwarunkowań ekonomicznych i ekologicznych. Urządzenia, które są obecnie używane i które diagnozują stan takich obiektów jak silniki wysokoprężne, ograniczają się jedynie do pomiarów. W artykule omówiono problemy metod diagnostycznych ze szczególnym uwzględnieniem aparatury paliwowej.

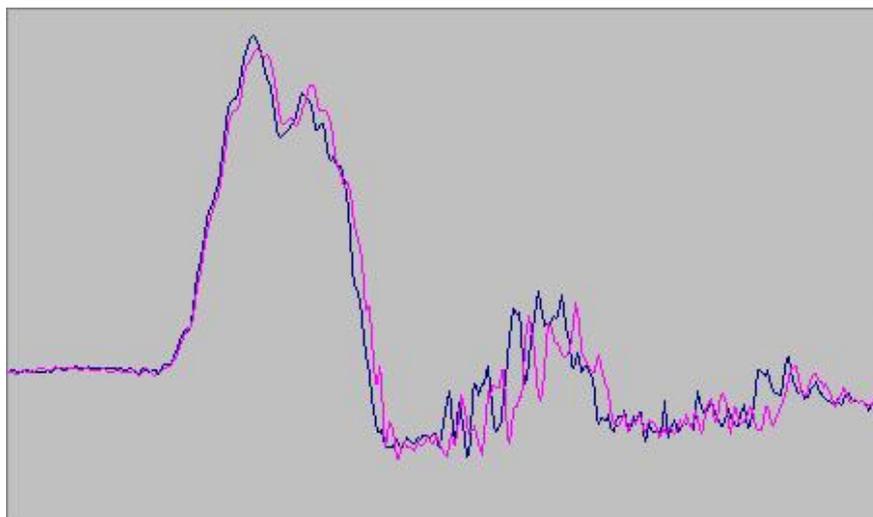
Abstract: The issue of estimating technical condition of internal combustion engine gathers special meaning mostly in using stage, in consideration of economical and ecological conditions. Appliances which are used now a days and which diagnose condition of subjects such as compression - ignition engines, are limited only to the measurements. This article one talk overed problems of methods diagnosis with special regard of fuel apparatus.

1. Wprowadzenie

Obecnie większość pojazdów i maszyn roboczych posiada rozbudowane układy hydrauliczne. Aby przy stosunkowo małych gabarytach osiągać coraz większe osiągi, potrzebne są także nowoczesne układy hydrauliczne. Dlatego też producenci elementów układów hydraulicznych, wychodząc naprzeciw potrzebom klientów, produkują elementy o coraz mniejszych pasowaniach współpracujących, co wiąże się z lepszą jakością płynu roboczego i bardzo dokładnym systemem filtracji, co zmniejszy ilość zanieczyszczeń. Dlatego ważnym aspektem jest określenie ich zawartości w płynie roboczym, dzięki czemu można zdiagnozować, a następnie przewidzieć trwałość całego układu hydraulicznego.

Na funkcjonowanie układów hydraulicznych zamontowanych w pojazdach i maszynach roboczych istotny wpływ mogą mieć także warunki pracy, a mianowicie:

- warunki użytkowania, w tym: zmienność obciążenia systemu, zmienność warunków użytkowania, zmienność czasu pracy maszyny;
- warunki obsługi, w tym: obsługi techniczne, smarownicze, naprawcze i myjące, wymianę płynów eksploatacyjnych;
- warunki przechowywania, które mają istotny wpływ na narażenie układu hydraulicznego, m.in. na: pozyskiwanie wody z atmosfery do czynnika roboczego oraz szybszą utratę właściwości ochronnych węży gumowych przez działanie promieni słonecznych.



Rys.1. Oscylogramy ciśnienia paliwa w przewodzie wtryskowym zmierzone w różnych odstępach czasu dla aparatury zdatnej

Aby w procesie eksploatacji silników (wysoki koszt naprawy), jak najwcześniej wykryć rozregulowania i uszkodzenia układów silnika, zaproponowano wyposażanie współczesnych przyrządów diagnostycznych silnika spalinowego, w system wspomagania decyzji operatora – system doradczy.

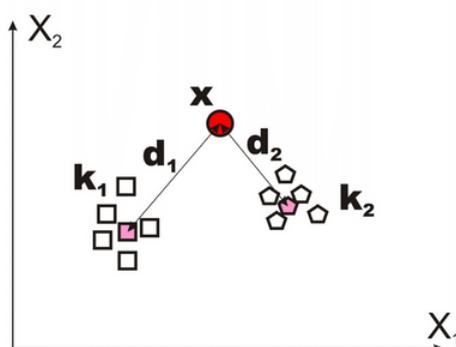
2. Systemu wnioskowania diagnostycznego

System wspomagający decyzję operatora testera stanu silnika spalinowego ZS czy ZI, można zrealizować w oparciu o systemów dedykowanych bądź uniwersalnych (szkieletowych). System ten powinien posiadać wbudowane mechanizmy do tworzenia bazy wiedzy, która reprezentowana jest w postaci reguł, bazujących na przebiegach oscyloskopowych i wiedzy ekspertów, zaimplementowanych przez inżyniera wiedzy, wnioskujących przez moduł wnioskowania, wyjaśniający, prowadzący korespondencję (dialog) z operatorem systemu. W skład systemu wchodzi:

- baza wiedzy – jej źródło stanowi wiedza pochodząca od ekspertów, z instrukcji eksploatacyjnych i badań silników ZS czy ZI – zapisana jest w postaci reguł wnioskowania;
- baza danych – stanowi zbiór wartości parametrów stanu zdatności, takich jak: kąt wyprzedzenia wtrysku paliwa, prędkość obrotowa wału korbowego na biegu jałowym, napięcie elektryczne i natężenie prądu akumulatora podczas rozruchu, wzorcowe oscylogramy ciśnienia paliwa w przewodzie wtryskowym, oraz dane pochodzące z instrukcji eksploatacyjnych i badań, stanowiące dane stałe, a także dane pomiarowe wprowadzone przez operatora podczas realizowania badania silnika, stanowiące dane zmienne;
- procedury wnioskowania - określone w postaci algorytmu sterowania dialogiem, zapisanego w systemie i uaktualnianego przez inżyniera wiedzy;
- objaśnienia – wyjaśniające strategię wnioskowania, pozwalają podczas uaktualniania bazy wiedzy objaśnić dlaczego wybrano taki, a nie inny sposób rozwiązania;
- procedury sterowania dialogiem – procedury wejścia / wyjścia umożliwiają formułowanie pytań i udzielanie odpowiedzi przez operatora, przekazywanie rozwiązania w postaci raportu;
- moduły umożliwiające rozszerzenie oraz modyfikację bazy wiedzy.

Ze względu na złożony charakter zjawisk towarzyszących procesowi tłoczenia paliwa i wtrysku, zrezygnowano z neuronowego klasyfikatora rozpoznawania obrazów. Nieliczne badania prowadzone w zakresie rozpoznawania stanów aparatury wtryskowej z zastosowaniem sztucznej sieci neuronowej (pomimo coraz częstszych zastosowań w diagnostyce technicznej), potwierdzają pewne ograniczenia w ich stosowaniu w tym konkretnym przypadku. Ograniczenia te między innymi dotyczą wyboru rodzaju sieci, jej realizacji komputerowej i możliwości obliczeniowych, szybkości odpowiedzi itp.

Ponieważ zastosowany do budowy system szkieletowy może nie dysponować narzędziem w postaci np. sztucznej sieci neuronowej, którą można by wykorzystać do rozpoznawania oscylogramów przebiegu ciśnienia, polegających na przypisaniu obserwacji oscylogramu, do określonej klasy stanu silnika.

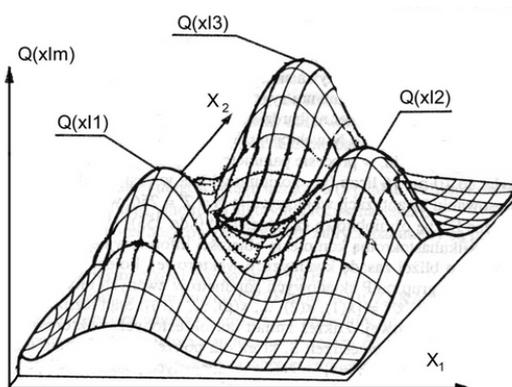


Rys. 2. Klasyfikacja obserwacji oscylogramów według najbliższego sąsiada

Użytkownik systemu zapisuje oscylogramy ciśnienia w plikach tekstowych zgodnych ze standardem ASCII. Plik importowany jest do aplikacji np. MS Excel, gdzie dana obserwacja kwalifikowana jest do jednej z klas, które oznaczają: klasa 1 - aparatura wtryskowa silnika zdatna; klasa 2 - aparatura wtryskowa niezdatna, uszkodzenie sprężyny wtryskiwacza; klasa 3 - aparatura wtryskowa niezdatna, „lejąca” końcówka wtryskiwacza. Na podstawie rozpoznania i zaliczenia obserwacji do klasy (liczba 1,2, ... m) i wstawieniu jej do systemu, generowany jest wniosek, jako wynik rozpoznania stanu aparatury wtryskowej według najbliższego sąsiada rys.2.

2. Statystyczne kryterium podejmowania decyzji

Statystyczne kryterium podejmowania decyzji oparte jest na algorytmie rozpoznawania Bayesa. Niech χ^p , gdzie P wymiar wektora parametrów, będzie przestrzenią obserwacji. Niech M będzie przestrzenią klas i równocześnie (dla uproszczenia) przestrzenią decyzji. Dla zadanych (lub estymowanych) prawdopodobieństw pojawia się obserwacja (obraz) x z danej klasy m , tzn. P_1, P_2, \dots, P_M , oraz dla zadanych, estymowanych rozkładów gęstości M prawdopodobieństw warunkowych $Q(x|1), Q(x|2), \dots, Q(x|M)$ (rys.3.), statystyczne rozpoznawanie polega na przyporządkowaniu losowo pojawiającemu się obrazowi $(x_1, x_2, \dots, x_p, \dots, x_M) \in \chi^p$; decyzji o jej przynależności do jednej z klas.



Rys.3. Rozkład gęstości prawdopodobieństw warunkowych dla $M = 3$ klas

Funkcję $\Psi(\mathbf{x})$ dla której obraz $\mathbf{x} \in \mathbf{m}$ nazywamy regułą decyzyjną. Wprowadzając pojęcie ryzyka średniego $R(\Psi)$:

$$R(\Psi) = R_m(\mathbf{x}) = \sum_{l=1}^M c_{m,l} P(l/\mathbf{x}), \quad (1)$$

gdzie: $c_{m,l}$ element macierzy strat, który określa wartość straty wynikającej z zaliczenia obserwacji (obrazu) z klasy 1 jako należącej do klasy m.

Ponieważ prawdopodobieństwo $p(\mathbf{l}|\mathbf{x})$ z jakim rozpoznawany obraz reprezentuje klasę m jest związane z gęstością prawdopodobieństw warunkowych, zależnością Bayesa:

$$P(\mathbf{m}|\mathbf{x}) = \frac{Q(\mathbf{x}/\mathbf{m})P_m}{\sum_{l=1}^M Q(\mathbf{x}/\mathbf{l})P_l}; \mathbf{m} = 1, 2, \dots, M \quad (2)$$

oraz uwzględniając fakt, że dla danego obrazu x mianownik zależności na $P(\mathbf{x}|\mathbf{m})$ jest stały można zależność na ryzyko średnie sprowadzić do postaci:

$$R_m(\mathbf{x}) = \sum_{l=1}^M c_{m,l} Q(\mathbf{x}/\mathbf{l})P_l. \quad (3)$$

Wobec tego reguła rozpoznawania Bayesa $\Psi(\mathbf{x})$ przyjmie następującą postać:

$$\Psi(\mathbf{x}) = \mathbf{m} \quad \text{tzn. } \mathbf{x} \in \mathbf{m} \quad (4)$$

jeśli:

$$R_m(\mathbf{x}) < R_l(\mathbf{x}); \text{ dla } l \neq m; k=1, 2, \dots, M. \quad (5)$$

Sytuacja, kiedy znamy wartości wszystkich rozkładów jest sytuacją idealną i w praktyce nie występuje.

Wiele systemów rozpoznających oparta jest na prostym pomysle przypisania obserwacji do klasy, do której ma ona najbliżej, co pokazano na rys.1. W algorytmach rozpoznawania nieparametrycznego występują określone związki pomiędzy dwoma obserwacjami (obrazami), lub też między obserwacją a jej wzorcem danej klasy, nazywane funkcjami podobieństwa FP. Są one miarą umożliwiającą realizację reguły decyzyjnej. Funkcje podobieństwa mogą występować w postaci funkcji odległości (w skrócie zwanej odległością), lub funkcji bliskości. Do najczęściej stosowanych algorytmów wykorzystujących tę metodę klasyfikacyjną należą:

- metoda najbliższego sąsiada (zastosowano ją jako klasyfikator w postaci makra),
- metoda k-najbliższych sąsiadów (stanowiący modyfikacje tej pierwszej)

Algorytm NN (Nearest Naighbour - najbliższy sąsiad) działa na zasadzie przypisania nowej obserwacji x do znanych wcześniej klas ciągu uczącego CU (rys.4.)

															Przypisane						
11	19	11	0	5	13	7	1	-5	-10	-11	-15	-21	-21	-12	-5	-6	-20	-20	3	12	1
13	9	8	4	9	15	9	-1	-1	2	-3	-15	-25	-30	-45	-54	-41	-32	-30	-22	-8	1
10	19	11	-1	5	12	6	2	-4	-10	-11	-15	-21	-21	-12	-5	-6	-20	-20	3	12	1
12	15	6	5	8	14	10	-1	-3	2	-4	-15	-25	-34	-46	-54	-41	-32	-30	-22	-8	1
-23	-12	-7	-6	-7	-7	-8	-11	-8	-4	-3	-6	-13	-15	-14	-14	-16	-14	-7	-15	-26	2
-13	-6	0	-4	-8	-8	-7	-10	-12	-12	-9	-8	-23	-20	-12	-17	-17	-10	-11	-16	-6	2
-13	-6	0	-4	-8	-8	-7	-10	-12	-12	-9	-8	-23	-20	-12	-17	-17	-10	-11	-16	-6	2

Wektory średnich w poszczególnych klasach																													
Klasa 1															Klasa 2														
12	14	8,3	2,7	7,3	14	8,33	0	-2,67	-2	-6	-15	-24	-26	-34	-38	-29	-28	-27	-14	-1	-16	-8							

Macierze kowariancji w poszczególnych klasach																													
Klasa 1															Klasa 2														
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0					
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1					

Rys. 4. Zbiór uczący składający się z trzech wzorcowych obserwacji i rozpoznana nowa obserwacja (zaliczona do klasy 1)

W procesie rozpoznawania właściwego pojawia się nowa obserwacja (obraz), którego przypisanie do określonej klasy jest nieznane $\{x\} \in \chi^p$. Procedura algorytmu NN dokonuje obliczenia funkcji podobieństwa (najczęściej odległości) pomiędzy wszystkimi obserwacjami (obrazami) ciągu uczącego CU, a nieznaną (nową) obserwacją x :

$$FP(x, W_{m,i}) \text{ dla } m = 1, 2, \dots, M, i = 1, 2, \dots, I_m \quad (6)$$

przy czym $W_{m,i} = x(m,i)$

Po obliczeniu wszystkich funkcji podobieństwa wyszukiwana jest najmniejsza z nich (w przypadku odległości), a jako decyzja klasyfikatora podawana jest nazwa (kod) lub numer klasy do której należał obraz ciągu uczącego i który okazał się najbardziej bliski, w sensie funkcji podobieństwa do obrazu rozpoznawanego:

$$\Psi(x) = m \text{ tzn. } x \in m \quad (7)$$

jeśli:

$$FP(x, W_{m,i}) < FP(x, W_{l,i}) \quad (8)$$

$$\text{dla } \underset{m \neq l}{\Lambda}; m, l = 1, 2, \dots, M. \quad (9)$$

Metoda najbliższego sąsiada pomimo znacznego czasu rozpoznawania, charakteryzuje się wysoką dokładnością rozpoznawania wynoszącą około 87,4 %. Uwzględniając takie kryteria jak: rodzaj obrazu (np. 400 wektorów rys.1.), możliwości obliczeniowe sprzętu i dostępnych programów, czas rozpoznawania i dokładność, może być zrealizowany przez system rozpoznawania.

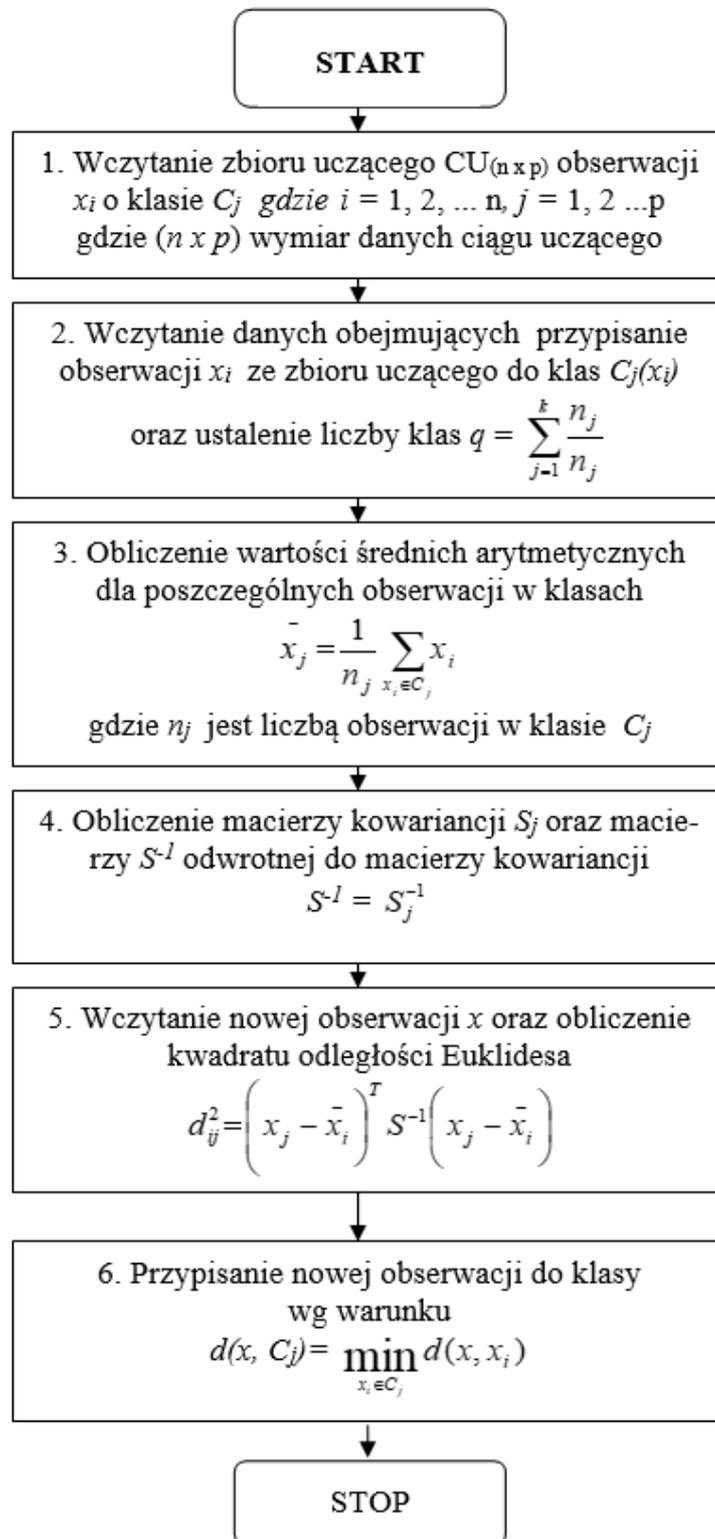
4. Algorytm rozpoznawania obrazów

W zaproponowanym rozwiązaniu jako funkcję podobieństwa, z wielu stosowanych w algorytmach minimalnoodległościowych, zastosowano odległość Euklidesa:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (10)$$

Algorytm rozpoznawania i przypisania nowej obserwacji do klasy przedstawiony został na rys.5.

Przygotowanie zbioru uczącego powinno się odbyć podczas badań silników na hamowni i polegać na zarejestrowaniu oscylogramów dla silników nowych. Utworzony w ten sposób macierz X_1 danych należących do klasy 1. Następnie wprowadzając kolejno rozregulowania, a nawet uszkodzenia, należy rejestracji oscylogramów dla aparatury niezdatnej, tworząc macierz X_2, X_3 , itd., którym odpowiadały konkretne uszkodzenia, reprezentowane przez określone przebiegi. Cały zbiór uczący, na podstawie którego zostały kwalifikowane nowe obserwacje, w najprostszej wersji, posiada cztery klasy: C_1 - stan aparatura wtryskowa silnika zdatna, C_2 - niewłaściwa regulacja sprężyny wtryskiwacza, C_3 - „lejąca” końcówka rozpylacza, C_4 - inne uszkodzenie (rys.5. pokazuje klasyfikację w przypadku dwóch klas, zdatności i niezdatności aparatury wtryskowej).



Rys.5. Algorytm przypisania nowej obserwacji do klasy z zbioru uczącego CU

5. Podsumowanie

Tylko w niewielu przypadkach konstruktorom systemów ekspertowych tworzonych na bazie systemów dedykowanych bądź szkieletowych, udaje się ograniczyć do możliwości narzędzi jakie proponuje wybrany system. Alternatywną możliwością stanowią mogą systemy dedykowane dla konkretnych grup silników spalinowych. W przypadku, kiedy tworzony system doradczy (ekspertowy) musi umieć rozwiązywać specjalistyczne problemy o znacznym stopniu skomplikowania, wymagane jest odwołanie się do innych specjalistycznych rozwiązań, jakim w przyszłości mogą być systemy rozpoznawania stanu na podstawie oscylogramów przebiegu ciśnienia w przewodzie wtryskowym, czy ciśnienia wtrysku do komory wstępnej i jego zapłonu.

Stosunkowo dobrze znana i opisana metoda obserwacji oscylogramów ciśnienia paliwa w przewodzie wtryskowym, ogranicza się podczas badania silnika, do klasyfikacji stanu technicznego na podstawie wiedzy i doświadczenia operatora. Może ona stanowić podłoże pod rozpoznawanie stanu w silnikach z wtryskiem paliwa z ZI (zapłonem iskrowym).

Zaproponowane rozwiązanie rozpoznawania stanu aparatury wtryskowej metodą rozpoznawania stanu układów wysokiego ciśnienia wtrysku paliwa i wyposażenie w nie systemu doradczego, pozwoli na wyeliminowanie często subiektywnych ocen stanu technicznego silników wyposażonych we współczesne rozwiązania aparatury wtryskowej.

Literatura:

1. Basztura Cz.: Jak rozmawiać z komputerem ludzkim głosem?, WPN Format, Wrocław 1993.
2. Cholewa W., Pedrycz W.: Systemy doradcze, Skrypt uczelniany Politechniki Śląskiej nr 1447, Gliwice 1987.
3. Jankowski M.: Ocena wrażliwości diagnostycznej sygnału pulsacji ciśnienia aparatury wtryskowej. Praca doktorska. Bydgoszcz, 1997.
4. Kramarenko G.; Techniczna eksploatacja samochodów. WKŁ. Warszawa, 1989.
5. Kupraszewicz W.; Żółtowski B.: Wykorzystanie układu szkieletowego w diagnostyce silnika. Materiały konferencyjne AIRDIAG 99.
6. Ostasiewicz S.; Statystyczne metody analizy danych; WAE Wrocław 1999r.
7. Tadeusiewicz R., Wszolek W., Izworski A.: Zastosowanie sieci neuronowej oraz rozpoznawania obrazów w diagnostyce mowy zdeformowanej, Materiały konferencyjne, Międzynarodowy Kongres Diagnostyki Technicznej KDT'96, Gdańsk 1996.
8. Tylicki H.: Diagnozowanie układu wtrysku paliwa silników spalinowych, Materiały konferencyjne, Diagnostyka'99, KMR i P, ATR Bydgoszcz 1999.
9. Żółtowski B.; Podstawy diagnostyki maszyn. ATR Bydgoszcz 1996.
10. Żółtowski B.; Diagnostyka silnika wysokoprężnego. Instytut Technologii Eksploatacji, Radom, 1995.
11. Żółtowski B, Ćwik Z.; Leksykon Diagnostyki Technicznej. ATR; Bydgoszcz, 1996.

ANALYSIS OF SELECTED OPERATING CONDITIONS OF THE HYDRAULIC SYSTEM ON THE CONDITION OF THE WORKING LIQUID

mgr inż. Łukasz FORNAL
e-mail: lforنال@ans.pila.pl

Katedra Inżynierii Mechanicznej, Akademia Nauk Stosowanych im. Stanisława Staszica
w Piła
ul. Podchorążych 10, 64-920 Piła

ANALIZA WYBRANYCH WARUNKÓW EKSPLOATACYJNYCH UKŁADU HYDRAULICZNEGO NA STAN CIECZY ROBOCZEJ

Streszczenie: W pracy przedstawiono wpływ warunków pracy układów hydraulicznych na ilość zanieczyszczeń cieczy roboczej. Praca o charakterze badawczym.

Abstract: The paper presents the influence of operating conditions of hydraulic systems on the amount of impurities in the working liquid. Research work.

1. Introduction

Stan silnika spalinowego z zapłonem samoczynnym, zależy od wielu zespołów, układów, mechanizmów silnika, w tym aparatury wtryskowej silnika spalinowego, co decyduje w głównej mierze o jego sprawności i poprawnej pracy. Na podstawie wielu badań silników ZS ustalono, że rozwój uszkodzeń zapoczątkowany przez rozregulowania, najwcześniej pojawia się w układzie zasilania paliwem, a szczególności w układach wysokiego ciśnienia aparatury wtryskowej. Każdorazowy przypadek rozregulowania pompy wtryskowej lub wtryskiwacza powoduje spadek osiągnięć silnika, co w konsekwencji prowadzi do szybszego, przyspieszonego zużycia i groźnych w skutkach awarii, przekroczenia dopuszczalnych norm spalin. Dlatego coraz większego znaczenia w diagnozowaniu silników z ZS nabierają metody bezdemontażowe, polegające na jak wcześniejszym zlokalizowaniu niezdatnych elementów aparatury wtryskowej.

Niska powtarzalność parametrów przebiegu ciśnienia paliwa w przewodach wtryskowych (rys.1.), stanowiących cykl złożonych, niezależnych zjawisk falowych komplikuje poważnie proces diagnozowania metodą porównawczą. Podobna sytuacja może zachodzić gdy zmiany przebiegów sygnałów elektrycznych są niewielkie, trudno rozpoznawalne, a rozpoznanie stanu silnika spalinowego, wymaga od operatora znacznej wiedzy i percepcji, niekiedy przekraczającej jego możliwości rozpoznawania stanów.

2. Materiały i metody

Wybrane cechy olejów hydraulicznych można opisać wieloma parametrami, w tym uwzględniając zawartość zanieczyszczeń stałych w cieczy roboczej oznaczoną klasą czystości metodą przyrządową oraz zawartość wody w cieczy roboczej oznaczoną procentową zawartością wody. Obydwa parametry wyznaczane są za pomocą nowoczesnych urządzeń pomiarowych do układów hydraulicznych, które umożliwiają użytkownikowi ocenę jakości olejów.

Przykładem takiego urządzenia jest urządzenie pomiarowe HYDAC FCU 1000 (rys. 1). Urządzenie określa zawartość zanieczyszczeń stałych, procentową zawartość wody oraz temperaturę mierzonego płynu roboczego.

Jest to urządzenie przenośne, które przy zastosowaniu odpowiednich przyłączy hydraulicznych umożliwia jego zastosowanie w obwodzie sterowania i zasilania układu hydraulicznego. Dodatkowo definiuje klasy czystości według różnych norm, a mianowicie ISO 4406:1999, SAE AS 4059 i NAS 1638, co pozwala na wiarygodną ocenę jakości oleju.



Rys. 1. Urządzenie pomiarowe typu HYDAC FCU 1000

Przeprowadzono następujące badania olei hydraulicznych stosowanego w trzech układach hydraulicznych maszyn roboczych, a mianowicie w dwóch ciągnikach rolniczych i ładowarki teleskopowej. Specyfikacja oleju w tych maszynach była identyczna natomiast warunki pracy zostały celowo zróżnicowane, aby umożliwić uzyskanie ciekawszych wyników, a każda maszyna ma tylko jednego operatora.

3. Wyniki

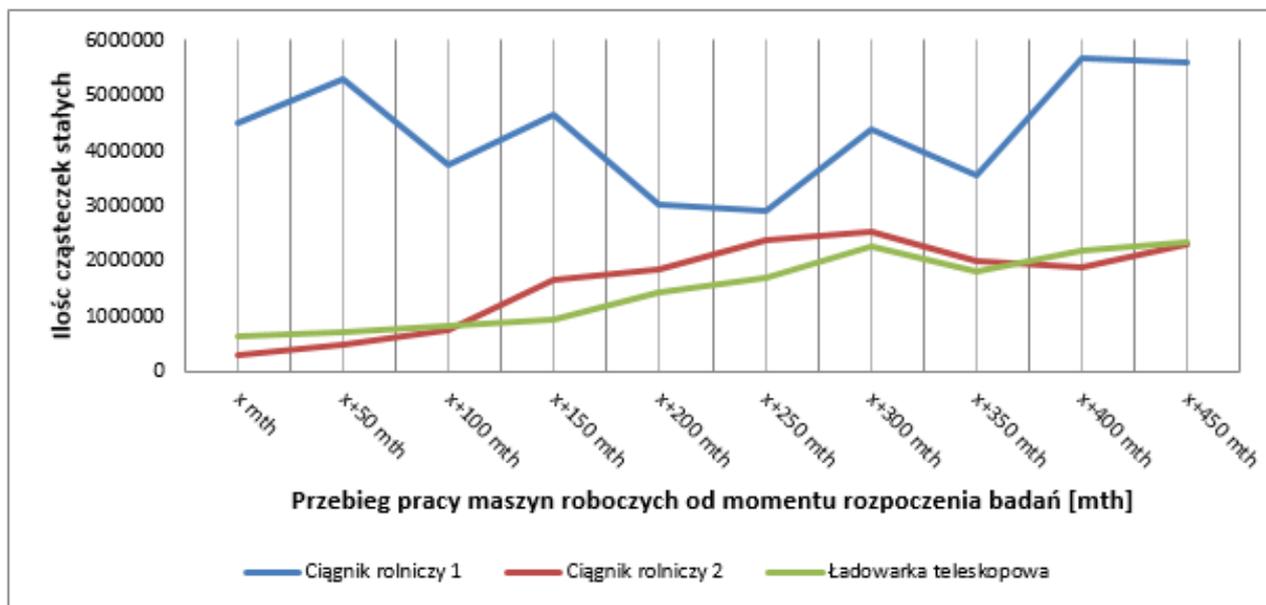
W celu przedstawienia i zobrazowaniu wpływu wybranych warunków eksploatacyjnych układu hydraulicznego na stan cieczy roboczej wykonano następujące badania.

W pierwszej kolejności przedstawiono ogólne warunki pracy, w jakich maszyny robocze były użytkowane, obsługiwane i przechowywane w czasie pobierania próbek - Tabela 1.

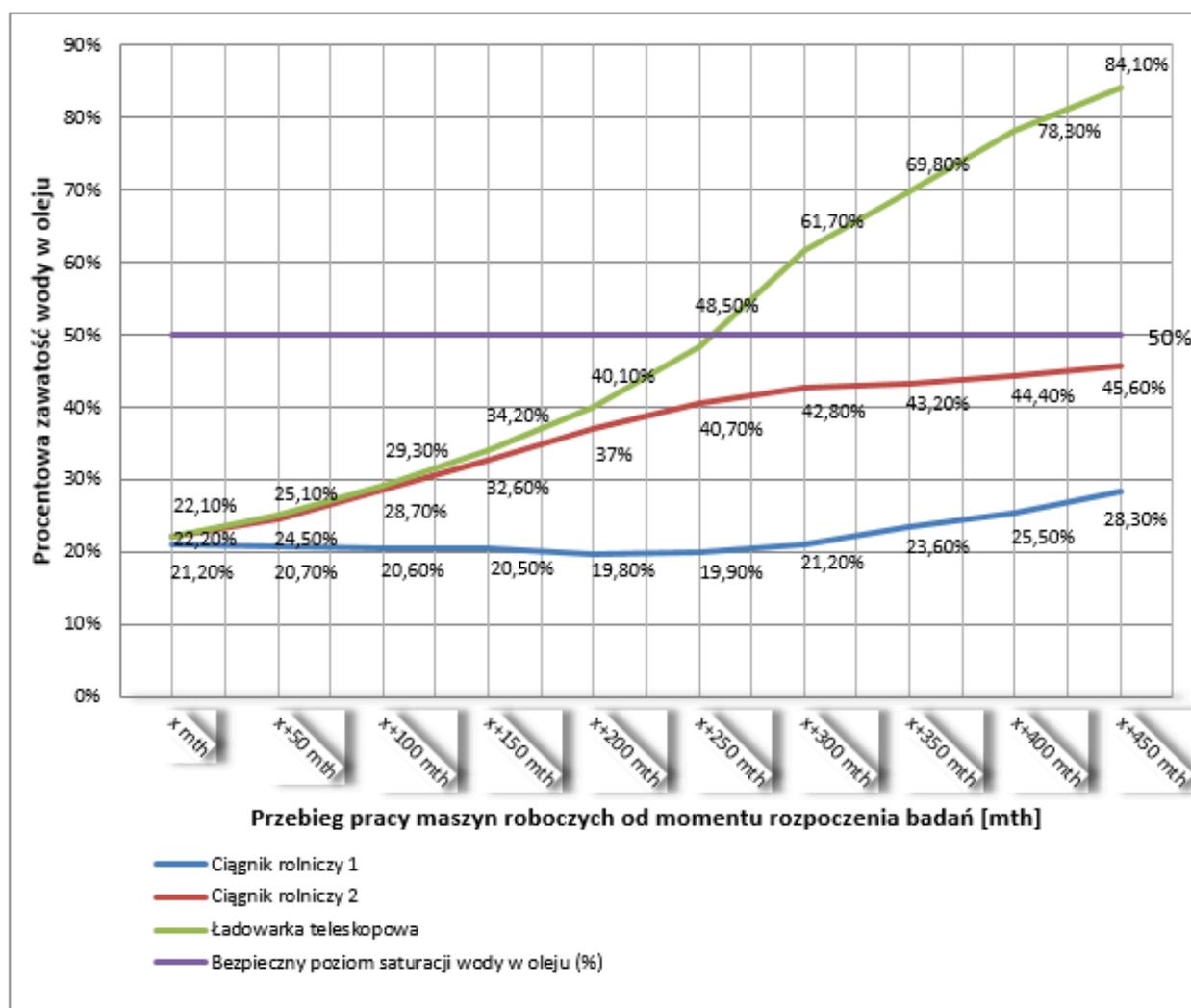
Warunki eksploatacji:	Ciągnik rolniczy 1	Ciągnik rolniczy 2	Ładowarka teleskopowa
Użytkowania	Średnie	Ciężkie	Ciężkie
Obsługiwania	Właściwe	Właściwe	Poprawne
Przechowywania	Dobre	Dobre	Złe

Tabela 1. Informacje dotyczące warunków eksploatacyjnych pojazdów i maszyn rolniczych

Następnym etapem badań było przedstawienie wyników z badań olei przy użyciu urządzenia pomiarowego, które określa sumaryczną średnią ilość cząstek stałych według normy ISO 4406:1999 - Wykres 1 oraz procentową średnią zawartość wody - Wykres 2 w zależności od przebiegu pracy obiektu badawczego.



Wykres 1. Przedstawienie sumaryczne ilości cząstek stałych > 2 µm w oleju według normy NAS 1638 w odniesieniu do przebiegu pracy maszyn roboczych



Wykres 2. Przedstawienie procentowej zawartości wody w oleju w odniesieniu do bezpiecznego poziomu saturacji oraz przebiegu pracy maszyn roboczych

Na podstawie zebranych wyników można zauważyć, że wartości zanieczyszczenia cząstkami stałymi oraz procentowa zawartość wody są różne dla każdego obiektu. Wynika to głównie z warunków pracy oraz budowy i specyfikacji układu hydraulicznego, ponieważ każda maszyna robocza ma inne warunki, ale także inne układy hydrauliczne, a mianowicie:

1. Ciągnik rolniczy nr 1 był eksploatowany w stosunkowo korzystnych warunkach eksploatacyjnych, lecz dzięki zespolonego układu hydraulicznego z układem przenoszenia napędu zaobserwowano istotny wpływ na większą ilość zanieczyszczeń cząstkami stałymi w porównaniu do innych układów hydraulicznych.

2. Kolejny ciągnik rolniczy nr 2 ma trudniejsze warunki pracy w porównaniu do poprzedniego ciągnika, ale jego olej hydrauliczny zasila tylko jeden układ hydrauliczny, co przekłada się na wyniki związane z ilością zanieczyszczeń cząstkami stałymi.

Należy również wziąć pod uwagę, że każdy układ hydrauliczny ciągników rolniczych napędza także inne zewnętrzne odbiorniki hydrauliczne maszyn rolniczych, takich jak przyczepy rolnicze, agregaty uprawowe, rozsiewacze nawozów, opryskiwacze, pługi obrotowe i różnego rodzaju siewniki zbożowe. Ale oba obiekty również działają w warunkach dużej zawartości cząstek piasku (pyłu). Dlatego systemy tego typu mogą zawierać większą ilość zanieczyszczeń stałych i większy procent wody w porównaniu do systemów, które nie współpracują z innymi zewnętrznymi odbiornikami hydraulicznymi. Większość zanieczyszczeń przedostaje się zwykle przez szybkozłączka, które mają bezpośredni kontakt z otoczeniem.

3. Ostatnim układem hydraulicznym jest układ hydrauliczny ładowarki teleskopowej, której olej hydrauliczny nie napędza innego układu hydraulicznego ani nie współpracuje z zewnętrznym odbiornikiem hydraulicznym – ale ze względu na złe warunki pracy zawiera dużą ilość zanieczyszczeń, zwłaszcza procentowych zawartości wody. Zawartość wody wynika także z warunków pracy maszyny, gdyż system na co dzień sprawdza się w produkcji zwierzęcej, gdzie występuje duża wilgotność powietrza w powietrzu oraz różnice temperatur. Przykładowo zimą instalacja hydrauliczna pracuje w budynku, w którym temperatura wynosi około 20°C, następnie maszyna opuszcza budynek, w którym temperatura sięga -15°C, co znacząco wpływa na kondensację wody na ścianach np. zbiornika hydraulicznego. Jednakże fakt, że w układzie hydraulicznym występują porównywalne ilości zanieczyszczeń cząstkami stałymi do podobnego układu ciągnika rolniczego 2, wskazuje, że na ich ilość duży wpływ mają warunki eksploatacji układów hydraulicznych, co można zmniejszyć ich wielkość, dzięki czemu wydłużymy żywotność systemu. Zawartość wody w układzie doładowania jest niebezpiecznie wysoka, co może zmienić właściwości oleju i spowodować korozję elementów układu.

W większości przypadków na ilość zanieczyszczeń cząsteczkowych i procentową zawartość wody wpływa także przebieg pracy układu. Jedyne przypadkiem, w którym ilość zanieczyszczeń cząsteczkowych wynikała z przebiegu pracy, był układ hydrauliczny ciągnika rolniczego nr 1, co może wynikać z faktu, że olej hydrauliczny zasilał także układ przeniesienia napędu.

Podsumowując, warunki pracy mają istotny wpływ na ilość zanieczyszczeń cząstkami stałymi oraz procentową zawartość wody w układzie hydraulicznym mają warunki obsługi i przechowywania. Jeśli obiekt ma „złe” warunki eksploatacji to można zauważyć, że wzrost zanieczyszczeń jest znaczny. System filtracji układu hydraulicznego pozwala jedynie na zmniejszenie ich ilości w przypadku większych cząstek stałych. Badania określające stan olejów hydraulicznych uzasadniają przedstawione wyniki autora. Dlatego oleje należy okresowo badać pod kątem zanieczyszczenia cząstkami stałymi i zawartości wody. Jeżeli zawartość jednego z prezentowanych parametrów przekracza wartość podaną przez producenta układu hydraulicznego, olej hydrauliczny należy oczyścić przy pomocy specjalnego sprzętu do czyszczenia tego typu cieczy lub wymienić na nowy.

Literatura:

1. Bujak T.: Równokołowe 520 KM. Rolniczy Przegląd Techniczny, nr 1/2015, Agencja Promocji Rolnictwa i Agrobiznesu APRA Sp. z o.o., Bydgoszcz 2015.
2. Drogosz P.: Ocena zużycia oleju hydraulicznego w urządzeniach pracujących w małych przedsiębiorstwie. Hydraulika i Pneumatyka, nr 3/2009, Oficyna Wydawnicza SIMP, Wrocław 2009.
3. Gadomski W., Mróz S.: Ciągniki rolnicze. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1977.
4. INTERHANDLER JCB POLSKA - Materiały serwisowe maszyn firmy JCB.
5. Józefowicz J.: Małe i duże nowości. Top Agrar Polska, nr 3/2010, Polskie Wydawnictwo Rolnicze Sp. z o.o., Poznań 2010.
6. Klarecki K.: Możliwości zwiększania sprawności napędów hydraulicznych. Hydraulika i Pneumatyka, nr 5/2014, Oficyna Wydawnicza SIMP, Wrocław 2014.
7. Kołowy ciągnik rolniczy URSUS C-360 – INSTRUKCJA NAPRAW.
8. Kotnis G.: Budowa i eksploatacja układów hydraulicznych w maszynach. wyd. KaBe, Krosno 2011.
9. <http://www.pa-tech.com.pl/ptKATALOG/HD/6.pdf>.
10. <http://www.piopawelko.zut.edu.pl/fileadmin/NEHIP/wykPP.pdf>.
11. <http://www.produkty.totalpolska.pl/wiedza/rozdzial%2003.pdf>.
12. <http://www.produkty.totalpolska.pl/wiedza/rozdzial%2004.pdf>.
13. <http://www.produkty.totalpolska.pl/wiedza/rozdzial%2011.pdf>.
14. <http://www.produkty.totalpolska.pl/wiedza/rozdzial%2022.pdf>.

EFFECT OF CUTTING SPEED ON THE SHAPE OF THE MACHINED SURFACE PROFILE

dr inż. Jarosław Robert MIKOŁAJCZYK

e-mail: jmikolajczyk@ans.pila.pl

ORCID No.: 0000-0001-9196-0039

Katedra Inżynierii Mechanicznej, Akademia Nauk Stosowanych im. Stanisława Staszica
w Pile
ul. Podchorążych 10, 64-920 Piła

WPŁYW PRĘDKOŚCI SKRAWANIA NA KSZTAŁT PROFILU POWIERZCHNI OBROBIONEJ

Streszczenie: W pracy podjęto próbę wyjaśnienia przyczyny wpływu prędkości skrawania na chropowatość powierzchni obrobionej. Złożony i dynamiczny układ naprężeń warstwy skrawanej wpływa na zmianę sił spójności tejże warstwy, a tym samym na otrzymany profil zarysu powierzchni obrobionej.

Abstract: The paper attempts to explain the cause of the influence of the cutting speed on the roughness of the machined surface. The compound and dynamic stress system of the cut layer affects the change in cohesion forces of this layer, and thus the resulting profile of the machined surface.

Key words: geometrical marks of a cut layer, oblique cutting, surface layer, surface texture, turning of face

1. Introduction

The cut layer is characterized by a cross-section perpendicular to the cutting speed vector. This section is called a cross section. In the cross-section (Fig. 1) the following dimensions are noted:

- *width of the cut layer* b - taken as the length of one of the sides of a geometric figure to which the cross-sectional shape of this layer can be approximated (in the case given in Fig. 1 is the side AB of the parallelogram ABCD);
- *thickness of the cut layer* a - measured perpendicularly to the width b ;
- *depth of cut* g - i.e. the dimension of the cut layer measured in the direction perpendicular to the velocity vector of the main motion and to the velocity vector of the sliding motion

At a constant value of the depth of cut g with an increase in the tool cutting edge angle κ_r , the width of the cut layer decreases and the thickness of the cut layer increases (Fig. 4).

The width of the cut layer b is related to the depth of cut g by the formula:

$$b = \frac{g}{\sin \kappa_r} \left[\text{mm} \right] \quad (1)$$

The thickness of the cut layer a is related to the feed P by the formula:

$$a = P \cdot \sin \kappa_r \left[\text{mm} \right] \quad (2)$$

The product of the depth of cut g and feed P determines the nominal field A of the cross-sectional area of cut. This area can also be calculated on the basis of the product of the width and thickness of the cut layer:

$$A = g \cdot P = b \cdot a \left[\text{mm}^2 \right] \quad (3)$$

As a result of the existence of the tool cutting edge angle κ'_r of the auxiliary edge of the blade, not the entire nominal field A belongs to the material separated by the blade because there is a residual field BCE of the cross-section of the cut layer A_r , i.e. that part of the nominal field that is left by the tool blade on the surface of the machined workpiece within the feed P . In practical calculations, the concept of nominal field A is most often used.

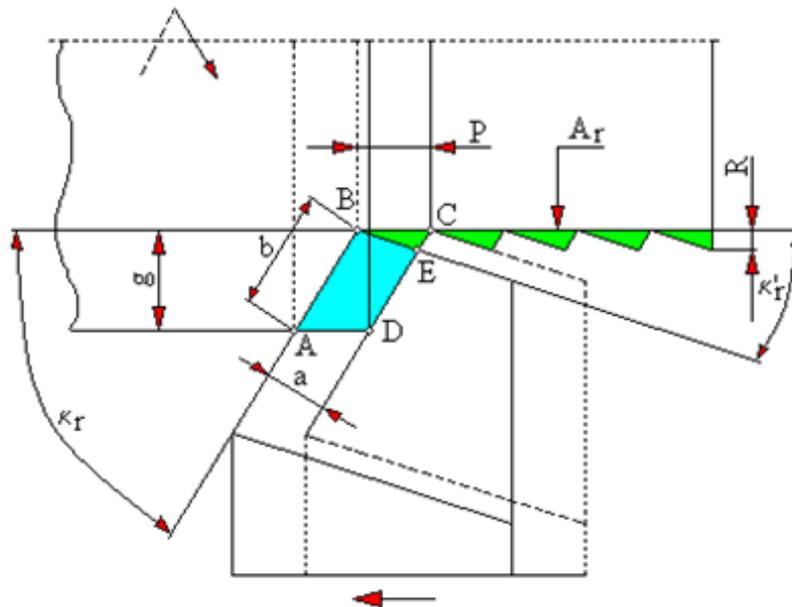


Fig. 1. Geometric elements of the cut layer [4]

b – width of the cut layer; a – thickness of the cut layer; P – turning tool feed; A_r – residual field; g – depth of cut; κ_r – tool cutting edge angle of the main edge of the blade; κ'_r – tool cutting edge angle of the auxiliary edge of the blade; R – the height of the unevenness of residual fields A_r left by the cutting tool blade

The height R of residual fields A_r left by the cutting tool blade on the machined surface (Fig. 1) significantly affects the surface roughness obtained. Generally speaking, the roughness of the surface machined by machining depends mainly on the rate of feed P , tool cutting edge angles κ_r and κ'_r , and the nose radius of the cutting tool tool point r_ϵ .

Considering the relationship between the height of the residual field R and the feed value of the turning tool P and tool cutting edge angles κ_r and κ'_r for the nose radius of the tool point $r_\epsilon = 0$ (Fig. 2), the height R of the residual field can be determined from the two right-angled triangles ADC and BDC .

$$AD = \frac{R}{\operatorname{tg} \kappa'_r} \quad (4)$$

$$BD = \frac{R}{\operatorname{tg} \kappa_r} \quad (5)$$

but

$$AD + BD = P \quad (6)$$

thus

$$P = \frac{R}{\operatorname{tg} \kappa'_r} + \frac{R}{\operatorname{tg} \kappa_r} \quad (7)$$

finally

$$R = P \cdot \frac{\operatorname{tg} \kappa'_r \cdot \operatorname{tg} \kappa_r}{\operatorname{tg} \kappa'_r + \operatorname{tg} \kappa_r} \left[\text{mm} \right] \quad (8)$$

Working with the same tool, the same turning tool, i.e. with unchanged angles κ_r and κ'_r , but with a reduced rate of feed P' (at the finishing pass), we obtain a reduced height of the unevenness of the residual field R' , and thus a lower roughness of the machined surface. The same effect of reducing the height of the residual field can be obtained by reducing the angles κ_r and κ'_r .

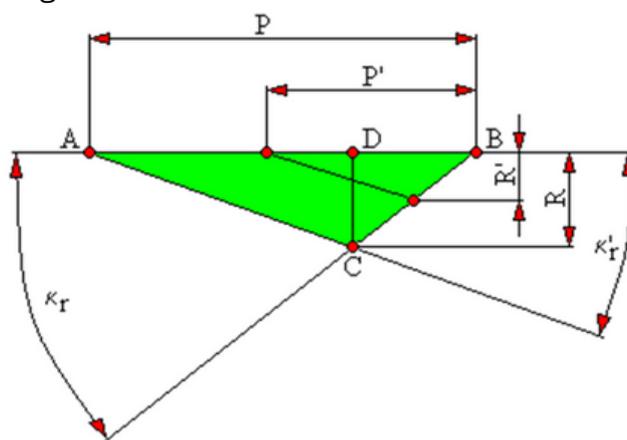


Fig. 2. Residual area of cut for the value of the nose radius of the tool point ϵ_0 [4]
 P - turning tool feed; P' - reduced feed of the turning tool; R - height of the residual fields A_r of the unevenness of the machined surface for the feed P of the turning tool; R' - the height of the residual fields A_r of the unevenness of the machined surface for the reduced feed P' of the turning tool; κ_r - tool cutting edge angle of the main edge of the blade; κ'_r - tool cutting edge angle of the auxiliary edge of the blade

In the case when the tool point of the knife blade is rounded with the radius ϵ (Fig. 3), the height of the residual field R can be calculated on the basis of the following relationships:

$$R = CD = DE - CE = DE - \sqrt{O_2C^2 - O_2E^2} \quad (9)$$

and because

$$DE = O_2C = r_\varepsilon \quad (10)$$

and

$$O_2E = \frac{P}{2} \quad (11)$$

thus

$$R = r_\varepsilon - \sqrt{r_\varepsilon^2 - \frac{P^2}{4}} \quad (12)$$

hence

$$r_\varepsilon^2 - \frac{P^2}{4} = (r_\varepsilon - R)^2 = r_\varepsilon^2 - 2r_\varepsilon \cdot R + R^2 \quad (13)$$

The value of R^2 is very small compared to the product $(2r_\varepsilon \cdot R)$ and can be omitted without much error. Hence:

$$\frac{P^2}{4} = 2r_\varepsilon \cdot R \quad (14)$$

Finally obtained is:

$$\frac{P^2}{8r_\varepsilon} = R \quad (15)$$

The formula above can be used in two ways. First, with the assumed feed rate and known radius r_ε of the nose radius of the tool point of the turning tool, the theoretical height of the unevenness of the machined surface is calculated. Second - with specific requirements regarding the height of the unevenness of the machined surface, the tables contain the permissible height of these unevenness R_{\max} for a given surface roughness and by substituting it to the above formula, the permissible feed is calculated, i.e. technological feed P_{dop} according to the formula:

$$P_{\text{dop}} = \sqrt{8r_\varepsilon \cdot R_{\max}} \quad [\text{mm}] \quad (16)$$

It should be remembered that the actual height of the unevenness of the machined surface R_{rz} is always greater than the theoretical unevenness R . This is mainly due to the extrusion of the workpiece towards the residual peaks during the cutting process. In addition, vibrations (own or external) may occur during the cutting process, which may also affect the shape of unevenness of the obtained surface. The processed material may also have internal defects (lattice dislocations, empty vacancies, casting pores, etc.), which may also affect the quality of the surface obtained during machining.

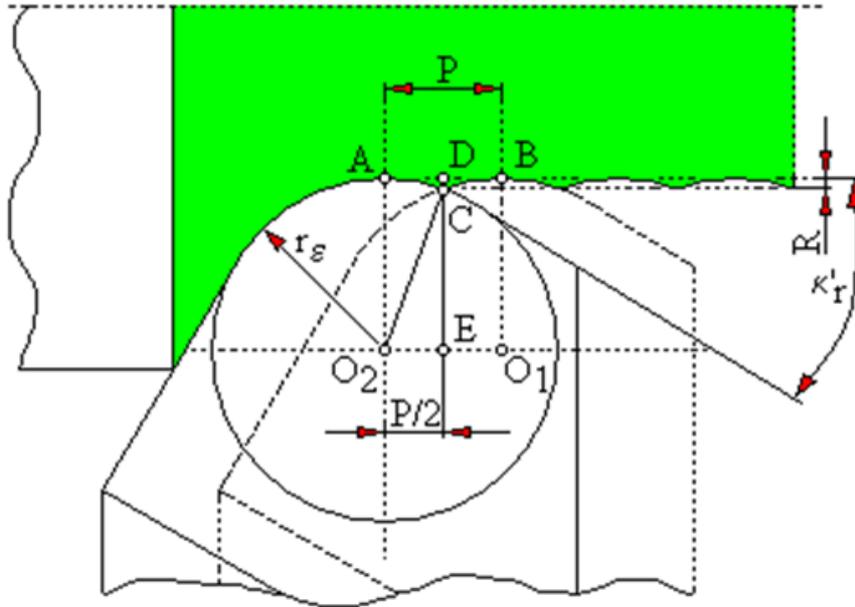


Fig. 3. Cross-section of the machined layer for the nose radius of the turning tool $r_\epsilon > 0$ [4]

R – height of the residual areas A_r of the unevenness of the machined surface; P – feed of the turning tool; κ_r – tool cutting edge angle of the main edge of the blade; κ'_r – tool cutting edge angle of the auxiliary edge of the blade

The actual height of the machined surface is always greater than the theoretical height of unevenness, and the difference between the actual and theoretical height of the unevenness increases as the feed value decreases. Figures 5÷7 show illustrative drawings of the turned surface profile. At high feed rates (Fig. 6) the actual height R_{real} of surface unevenness is slightly higher than the theoretical height R_{teor} resulting from mapping the blade profile on the machined surface. When turning with small feeds P , the theoretical height of surface unevenness R_{teor} disappears with respect to its actual roughness R_{real} which may be caused by, inter alia:

- wear of the blade which changes the profile of the cutting edge;
- elastic and plastic deformations of the material being cut in the area of operation of the cutting tool point;
- a built-up occurring on the cutting tool;
- toothless gapped cutting edge;
- vibration of the tool and the workpiece.

Elastic deformations cause the machined surface to rise automatically after the pass of the cutting edge, while plastic deformations cause partial, lateral extrusion of the material flowing onto the blade (as a result of which the height of the residual material left by the blade on the machined surface increases) [4].

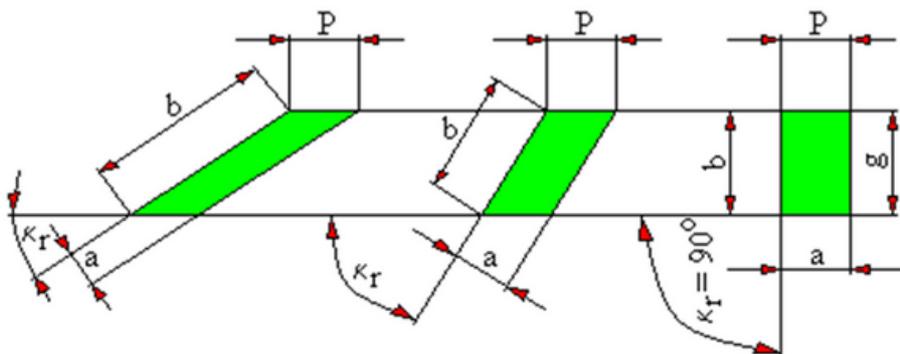


Fig. 4. The influence of the increase in the tool cutting edge angle κ_r on the width of the machined layer [4]

b – width of the machined layer; a – thickness of the machined layer; g – cutting depth

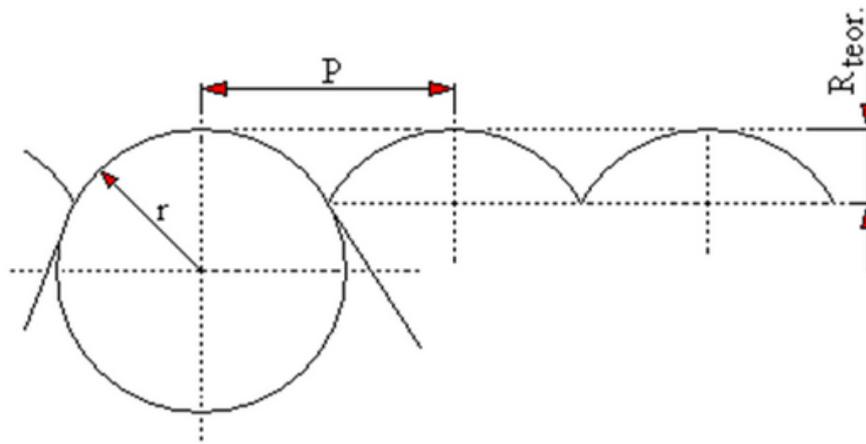


Fig. 5. Theoretical profile of the turned surface [4]
 P – feed; r – radius of the nose of the tool point of the turning tool blade; $R_{teor.}$ – theoretical height of unevenness of the turned surface

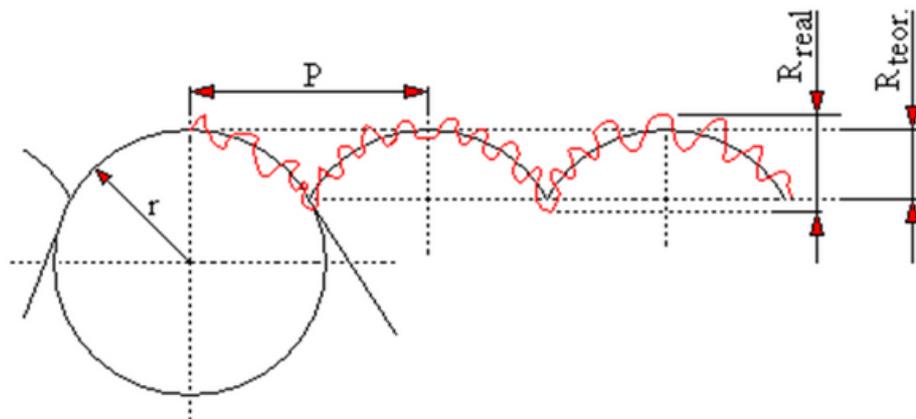


Fig. 6. The actual profile of the turned surface at a high feed rate [4]
 P – feed; r – radius of the nose of the tool point of the turning tool blade; $R_{teor.}$ – theoretical height of unevenness of the turned surface; R_{real} – the actual height of the unevenness of the turned surface

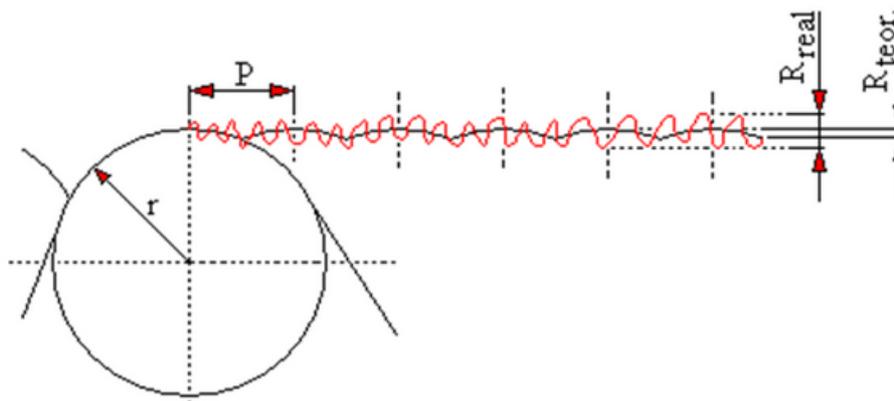


Fig. 7. The actual profile of the turned surface at a low feed rate [4]
 P – feed; r – radius of the nose of the tool point of the turning tool blade; $R_{teor.}$ – theoretical height of unevenness of the turned surface; R_{real} – the actual height of the unevenness of the turned surface

2. TEST CONDITIONS

The tests were carried out on TOS S32 universal lathe with conventional control. The workpiece was general-purpose structural steel S235JR in the form of rolls/samples with a diameter of $\varnothing 30$ mm and a length of 100 mm. The turning process was performed over a length of 60 mm without support. The machining tool used was a right knife tool NNBe 20x20 S10 with a plate radius of $r = 0.8$ mm. One constant feed value was used: $P = 0.14$ mm/rev. The depth of cut was also constant and it was equal to $g=0.80$ mm. The flow rate of the cutting fluid was also a constant parameter: 2 liters/min. Due to the geometry of the blade, the outer surface was turned with a feed along this surface. The following spindle speed values were assumed:

- $n_1=250$ rpm;
- $n_2=400$ rpm;
- $n_3=800$ rpm;
- $n_4=1250$ rpm

Ten samples/rolls were prepared for each of the four planned spindle speeds. The method of marking samples is shown in Fig. 8.



Fig. 8. Method of marking samples/rolls

Apart from the roughness measurement made using the MarSurf XR 20 device from Mahr, the profile of the machined surface was also recorded. During the tests measured were, inter alia, the following surface roughness parameters: R_a , R_t , R_k , R_p , R_q , R_{pk} , R_{vk} . For each roll/sample, roughness measurements were made four times every 90° . Particular attention was paid to the obtained profile of the unevenness of the machined surface.

3. TEST RESULTS

Table 1 shows exemplary profiles of the machined surface. Based on these sample surface unevenness profiles (without analyzing the numerical values calculated or measured by the measuring device) one can notice that the height of the unevenness decreases along with the increase of the cutting speed. It is a known thing but it seems that this change is not linear but rather discrete. It is rather related to the way a new surface layer is formed. For the lowest spindle speed ($n_1 = 250$ rpm), the new surface formed is partly created by breaches which significantly worsens the surface roughness. A significant increase in the spindle speed ($n_2 = 400$ rpm) slightly reduced the roughness of the new surface being formed. Only at the spindle speed $n_3 = 800$ rpm, a big, more than two-fold reduction in the roughness of the obtained surface is visible. This means that there must have been a change in the way this surface was formed. This can be proven, inter alia, by the shape of the formed chip.

This change is qualitative and at the same time discrete. A further increase in rotational speed ($n_4 = 1250$ rpm) only slightly reduces the roughness of the new surface obtained. Unfortunately, dangerous vibrations and local deterioration of the surface quality occur. It seems that for these operating conditions the speed n_4 is an extreme speed. There was a certain apogee here in terms of the quality of the obtained surface. Most likely, increasing the amount and flow rate of the cutting fluid would significantly affect the temperature transfer and its reduction, and thus improve the conditions of machining. However, the flow rate of the cutting fluid was a constant parameter.

Unfortunately, based on the profile of the machined surface we are unable to determine the direction of movement of the cutting tool point. One can probably guess a bit that the slopes of profile on the left side are steeper than on the right side so the tool should, therefore, rather move from right to left, which is true. Apparently, the influence of plastic and elastic deformations of the workpiece, even the fragile one, is so big that it effectively distorts the surface machined by the tool point immediately after its pass.

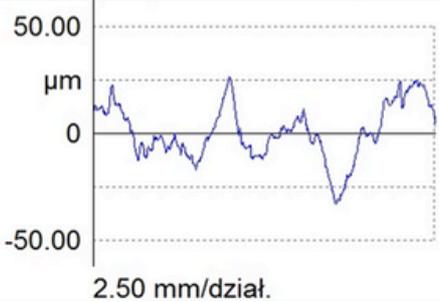
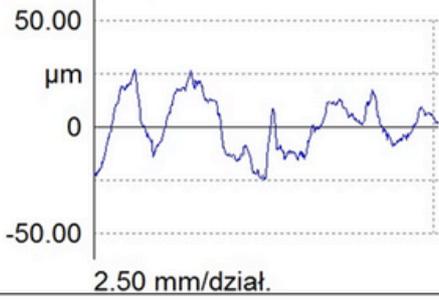
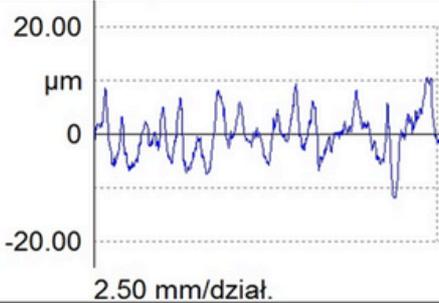
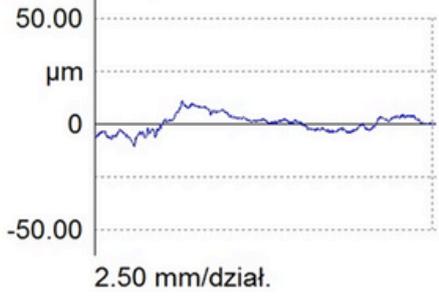
Spindle speed	Surface unevenness profile	R _{max} [μm]	Comments
$n_1=250$ rpm		ca. 54	chip separated from the machined surface, visible breaches on the machined surface
$n_2=400$ rpm		ca. 51	visible small breaches on the machined surface
$n_3=800$ rpm		ca. 22	stable operation
$n_4=1250$ rpm		ca. 18	blue ribbon chip, overheated; locally strong vibrations during machining and deterioration of the quality of the surface profile in these places; unstable and unsafe operation

Table 1. Exemplary profiles of the machined Surface (own study)

Based on the observed profile of surface unevenness presented graphically as a profilograph, for the given machining conditions it is not possible to determine the theoretical height of the unevenness resulting from the mapping of blade profile on the machined surface. It would not even be possible to determine the tool feed value based on the profilograph if this value was not known beforehand.

If the workpiece did not put any resistance to the tool, lathe tool, during machining, then one should expect that the theoretical profile of surface unevenness resulting from the geometric mapping of the interaction of the tool and workpiece would be identical or almost identical to the actual profile of unevenness of the machined surface. The cohesion forces of the workpiece, its physical and mechanical properties, have a significant impact on the quality of the obtained surface. Of course, the technological parameters of the cutting process are also important but the decisive factor seems to be the type of material being machined.

An important question to ask here is why the roughness of the machined surface has nothing to do with the theoretical surface profile forced by a chain of kinematic relationships. Why does the cutting speed, even though it is not included in mathematical formulas regarding the geometric profile of machined surface, have such a great impact on it?

Book publications on machining do not provide information on the reason for the impact of cutting speed on the roughness of the machined surface. We can often come across such or similar statements: "...however, it should be stressed that the actual surface roughness depends on many other factors, mainly the plastic properties of the workpiece, vibrations of the machine tool-holder-workpiece-tool system, susceptibility of the system to deformations, etc. Their influence on the roughness height is determined experimentally... (...) At high cutting speeds, the roughness on the machined surface is reduced..." [3]. True, but why?

In the work [4], my attention was drawn to the drawing (Fig. 9) regarding the area of shearing stresses τ and normal σ stresses in the plane of material separation of the cut layer. The author describes the above-mentioned drawing as follows: "In the separation plane defined by the path of the blade edge there are shearing stress components τ_x and normal stresses σ_y in the xOy coordinate system. The shearing stress τ_x has the highest value at the point of action of the blade edge and decreases to zero with increasing distance from this place.

Normal stresses σ_y have a more complex course. At the initial point, they are tensile stresses ($+\sigma_y$), causing, under certain conditions, automatic separation (cracking) of the material, ahead of the blade edge. At a certain distance from the edge, normal stresses when decreasing reach zero value, and then transform into compressive stresses ($-\sigma_y$).

This complex system of stresses caused by the tool point in the cut material initially leads to elastic and plastic deformations, and then to deformations that destroy the cohesion of the material."

This drawing presents the effect of cutting speed on the roughness of the machined surface.

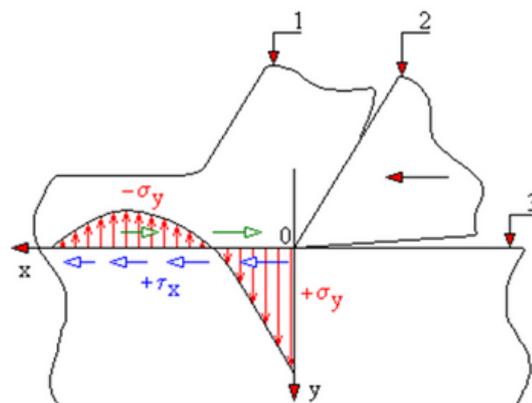


Fig. 9. Area of shearing and normal stresses in the plane of material separation of the cut layer [4]

1 – chip; 2 – cutting tool; 3 – workpiece; τ_x – shearing stresses (tau X); σ_y – normal stresses (sigma Y)

If, for example, we were turning "nothing", i.e. air. We increase the rotational speed of the machine tool spindle and we still obtain the same geometric surface profile. Even though the speed increases, the profile is the same. It cannot be otherwise because there is a specific kinematic relationship between spindle rotation and longitudinal or cross-feed.

However, if we are machining real material, it turns out that increasing the cutting speed is accompanied by a decrease in surface roughness, which contradicts the theoretical geometric profile of the unevenness of the machined surface.

What happens when there is this point D on the turning path. If it is far from the cutting tool point, cohesive forces occur in it, the same as in other places of the workpiece (Fig. 10). Then, the tool blade continues to approach point D which enters the region of compressive normal stresses σ_y ($-\sigma_y$), as shown in Fig. 11, up to the point where the value of these stresses is maximum. At the same time, the value of τ shearing stress slowly increases. Further movement of the tool brings point D to a distance "a" from the tool blade. On this point, the value of normal stress is zero, while the value of τ shearing stress continues to increase (Fig. 12). From this point on, the sign of σ normal stress changes: from compressive to tensile stress (Fig. 13) the value of which gradually increases reaching the maximum value at the tool point - point 0. At this point, τ shearing stress also reaches its maximum value. That is, at point 0, both τ and normal σ stresses reach their maximum values, but they are not equal. This stress concentration causes an unfavorable strength pattern for the material. If the value of compound stresses at this point exceeds the strength of the machined material, cohesion will be lost, i.e. the material will separate. What are the values of both normal σ and shearing τ stresses dependent on? Stresses are always the quotient of force F acting on a given surface A . This means that the greater is force F acting on smaller area A , the greater is the stress. Therefore, in order to increase the normal σ and shearing τ stresses for easier separation of the machined material, one should, for example, reduce the area of action of the tool point, which, however, weakens the strength of the blade, and/or increases the value of the acting force F .

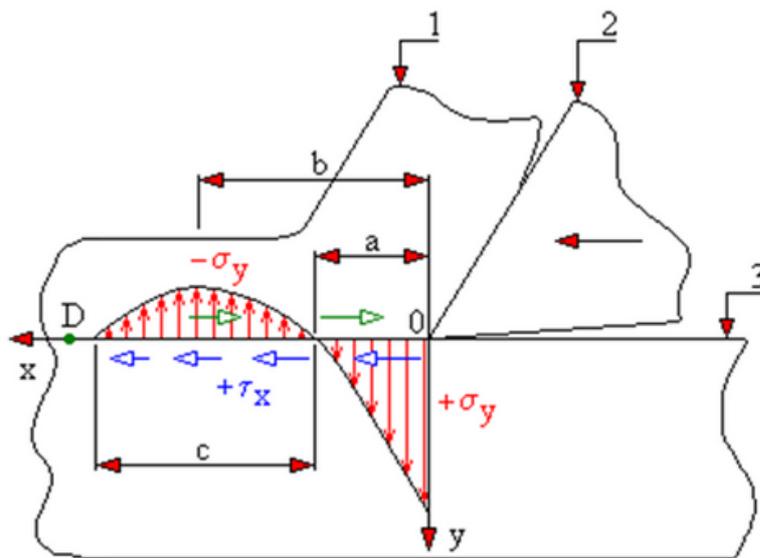


Fig. 10. Area of shearing and normal stresses in the plane of material separation of the cut layer [4]. Movement of point D.

1 – chip; 2 – cutting tool; 3 – workpiece; τ_x – shearing stresses (tau X); σ_y – normal stresses (sigma Y); a – distance for which the normal stresses σ_y are zero; b – distance for which the compressive σ_y normal stresses are maximum; c – section with normal compressive stresses

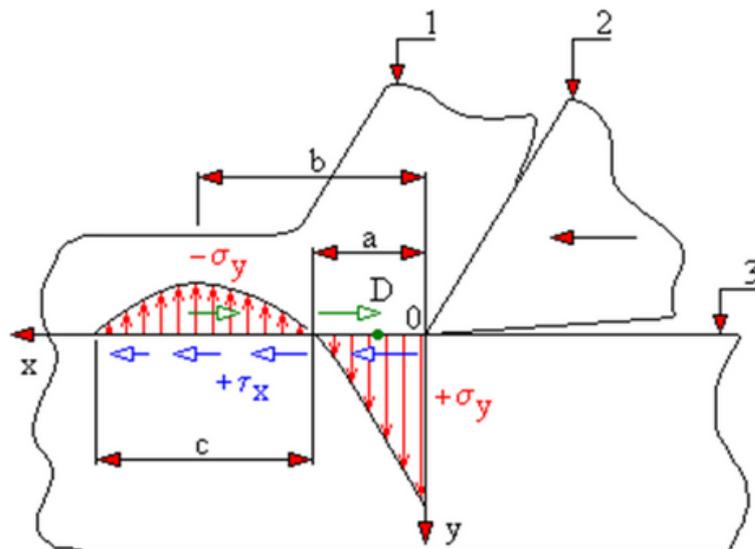


Fig. 13. Area of shearing and normal stresses in the plane of material separation of the cut layer [4]

1 - chip; 2 - cutting tool; 3 - workpiece; τ_x - shearing stresses (tau X); σ_y - normal stresses (sigma Y); a - distance for which the normal stresses sigma Y are zero; b - distance for which the compressive sigma Y normal stresses are maximum; c - section with normal compressive stresses

The question, therefore, is what gives us the cutting speed. By increasing the speed of the blade movement we do section "a" faster, we pass point zero faster and we cover section "c" faster. In fact, the blade will never be either in the area "a" or "c" because they are always before the blade. So why increase the cutting speed? Point D, entering the region of compressive normal stresses sigma ($-\sigma_y$), is subject to compression. What does it mean? This means that if the value of these stresses is big enough, the distances between the atoms located in this area should decrease. If it is not big enough, at least the trajectories of the electron clouds should be distorted. Clouds of electrons, having the same charges, repel each other and counteract the compression. Compressed atoms want to return to their previous state. The approaching cutting tool point causes point D (Fig.12) to be exactly at a distance "a" from this blade. In this point the sigma normal stress is zero. That is, the neighboring atoms are no longer squeezed but they have not yet returned to their original position but to a position greater than the original distance (if they have been moved). Why? Cyclical vibrations of a calming extinction nature occur. The atoms will take their original positions only after they stop. However, as these vibrations continue, the blade approaches point D. If the blade travel speed is high enough then even though point D has been in area "a" for a long time, i.e. neighboring atoms are stretched they may still have vibrations caused by their earlier compression. The faster the cutting tool moves, the more vibration energy caused by compression can be used to break the cohesion of the material. There may be cases where the material will be separated before the cutting tool point touches it, due to the high concentration of both these vibrations plus the existing shearing stress tau plus sigma normal tensile stresses. This means that the static two-stress system creates a more favorable dynamic (vibrating) two-stress system. More favorable for material separation.

If the cutting tool point moves relatively slowly, the vibrations of neighboring atoms caused by their previous compression will simply die out and, unfortunately, then the separation of the material must take place only using the tau and normal sigma tangential forces.

Figure 14 shows the method of observing the lateral surface of the cut sample using the Nicolson method. In this method, the lateral surface of the cut sample has a marked grid with vertical and horizontal lines. The amount of plastic deformation is judged based on the distortion of the grid squares. This method is mainly used to monitor the chip formation process. This method was modified by Prof. Mierzejewski who filmed the course of grid distortions.

What does it mean that the cutting tool point will move slowly, what does it mean to move quickly? The reference plane is the vibration speed of neighboring atoms, or rather their pulsation. Therefore, it is beneficial to increase the cutting speed in order to reduce the surface roughness, i.e. simply increase its smoothness.

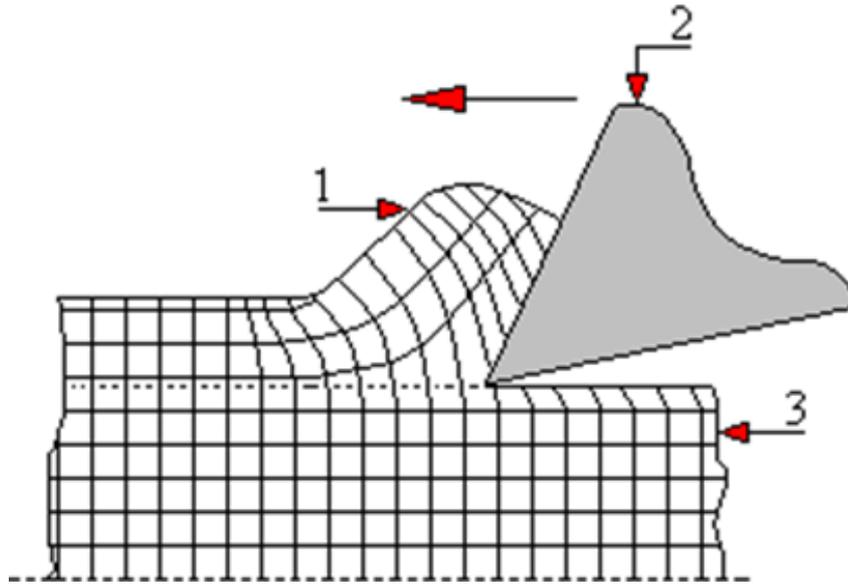


Fig. 14. Observation of deformations of the material cut using the Nicolson method (own study)

1 - formed chip; 2 - cutting tool; 3 - material machined

Let two neighboring atoms be at a distance P from each other (Fig. 15). When entering the area of compressive normal stresses, the distance between them may decrease and amount to K (Fig. 16). Electron charges repel each other more strongly the closer they are to each other due to forces resulting from compressive stresses. After leaving the area of normal compressive stresses, the distance between atoms tries to return to its previous state, but not immediately, only on the principle of extinction vibrations. The energy of repulsive electron charges is released. This means that first the neighboring atoms will move away from each other by a distance greater than P , then they will come closer again to a distance greater than K , then again they will slightly exceed the distance P , and finally, after a certain number of such cycles, the distance between them will stabilize at the level of the distance P (Fig. 17). Changing the distance between atoms changes the cohesion forces. When atoms move away from each other, the cohesion forces decrease, and when atoms get closer, the cohesion forces increase. Thus, it is best when the blade or edge of the turning tool separates the material when the atoms move away from each other. Then, there may even be a situation where the shearing stress τ and the vibration energy of neighboring atoms may be sufficient to separate the machined material before the edge of the turning tool reaches it. Unfortunately, in machine tools, the longitudinal or cross-feed is most often expressed in millimeters per revolution of the machine spindle, i.e. it depends on the rotation of the lathe spindle. Kinetically dependent. However, they should depend only on the size and frequency of vibrations. This situation looks as if turning was done "blindly": longitudinal feed on its own, vibrations on their own. Therefore, it would be necessary to make the feed value (both longitudinal and cross-feed) independent of the spindle rotation value. That's the first thing. And secondly: it would be necessary to have such sensors both to measure the values of normal and shearing stresses and to measure the frequency and magnitude of vibrations of the machined material occurring just in front of the cutting tool point. These sensors should control the longitudinal and/or cross-feed. These sensors would simply be the "eyes" of the lathe tool. The surface roughness obtained in this way would probably be at the nanometer level. Machining would therefore take place in steps and frequencies, in a way imperceptible to the human eye, just like a pulsating image on a computer monitor.

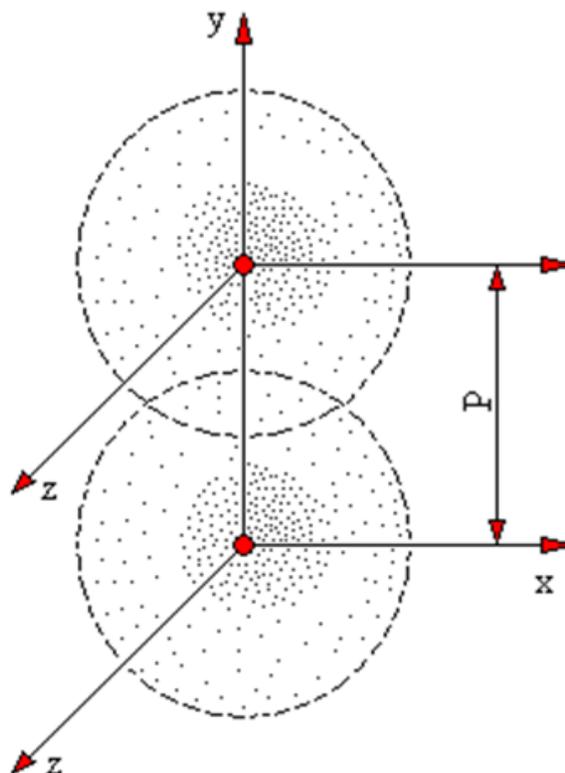


Fig. 15. Model of the so-called electron cloud (dots indicate the probability of finding an electron at a specific time at any selected point in space around the nucleus (in the so-called electron cloud)). The electron cloud has no clear outer boundary but the further away from the nucleus, the less likely it is to find an electron. Heisenberg uncertainty principle. [21]
 P – distance between two neighboring atomic nuclei

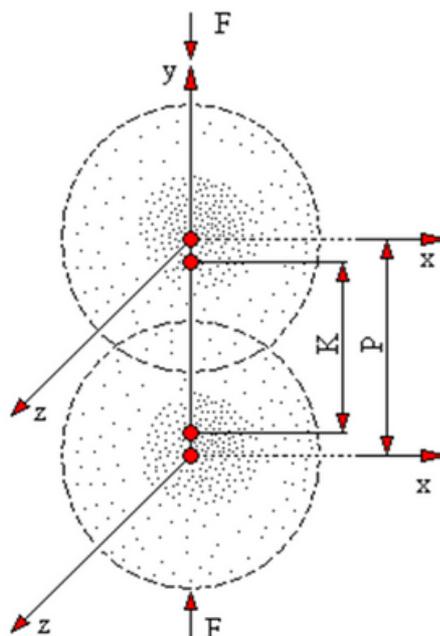


Fig. 16. Model of the so-called electron cloud after entering the area of compressive normal stresses (dots indicate the probability of finding an electron at a specific time in any selected point of space around the nucleus (in the so-called electron cloud)) (own study)
 P – distance between two neighboring atomic nuclei before entering the area of compressive stress; K – distance between adjacent atomic nuclei after entering the area of compressive stress; F – force compressing neighboring atoms

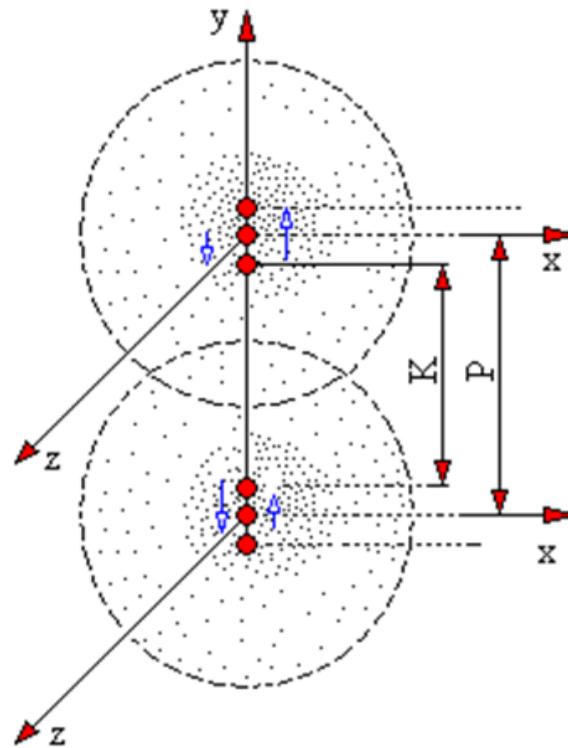


Fig. 17. Model of the so-called electron cloud after leaving the area of compressive normal stresses - visible changes in the distances between atoms (dots indicate the probability of finding an electron at a specific time in any selected point of space around the nucleus (in the so-called electron cloud) (own study)
 P - distance between two neighboring atomic nuclei before entering the area of compressive stress; K - distance between adjacent atomic nuclei after entering the area of compressive stress

When analyzing the profiles of surface unevenness profileograms, it is possible to notice the existence of surface fragments for which the surface roughness is very low. And this is true for both lower and higher cutting speeds (Fig. 18). The higher the cutting speed, the more such surface fragments. The reason for this seems to be as follows: the moving blade of the lathe tool, in places where the roughness is very low, hits the moment when neighboring atoms of the material being machined move away from each other due to vibrations, thus the cohesion forces of the machined material are minimal. Unfortunately, vibrations of these atoms must be much greater than the longitudinal/ cross-feed speed and are not an integral multiple thereof, which is why they appear in different time-dependent places. If they were an integral multiple, then they would appear periodically at some regular interval on the machined surface. It is difficult to determine the direction of movement of the lathe tool based on the observed surface profile. The bending moment of the surface unevenness peaks comes from the longitudinal or cross-feed. A moment is always a force times the arm of this force. The transverse or longitudinal force is of course big. However, the height of the surface unevenness, i.e. the arm of action of this force, is very small. Hence, the value of the bending moment of the peaks of surface unevenness is not great, within the limits of elastic forces. Therefore, when the lathe tool blade is moved, the surface unevenness become vertical rather than deviated from the vertical.

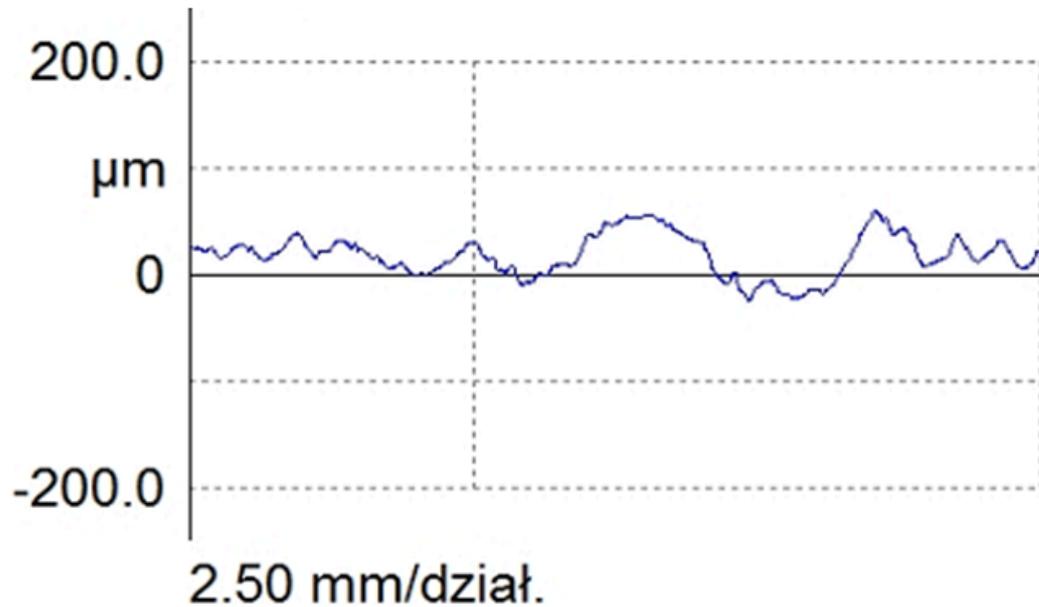


Fig. 18. Fragment of the profile of the outer surface of the roller for spindle rotational speed $n_1 = 250$ rpm and cutting depth of 0.8 mm. Machined material: S235JR steel. Coolant and lubricant flow rate: 2 liters/min (own study)

4. SUMMARY

Cutting speed is a very important technological parameter of machining. Increasing the cutting speed contributes not only to increasing the efficiency of the machining process, but also to obtaining better quality of the machined surface. It seems that the influence of this parameter on the surface roughness is not fully explained, yet. Is there any extremum of the influence of this parameter on the surface smoothness? Currently, design efforts are rather directed towards materials used for cutting tools, enabling work to be carried out in more difficult conditions (at higher speeds and greater pressures).

5. LITERATURE

1. Dobrzański L.: Metaloznawstwo i obróbka cieplna. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne. Warszawa 1986.
2. Dmochowski J.: Podstawy skrawania. Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1973.
3. Dul-Korzyńska B.: Obróbka skrawaniem i narzędzia. Wydawnictwo Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2009
4. Górski E.: Obróbka skrawaniem. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1972.
5. Kaczmarek J.: Podstawy obróbki wiórowej, ścierniej i erozyjnej. WNT, Warszawa 1970.
6. Kunstetter S.: Narzędzia skrawające do metali. WNT, Warszawa 1973.
7. Górski E.: Obróbka skrawaniem. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1972.

- 8.Latoś H.: Analiza geometryczno-kinematyczna możliwości wykonania powierzchni kształtowych narzędziami skrawającymi o hiperboloidalnej powierzchni działania. Materiały Konferencji Naukowej na temat: Postępy w rozwoju badań z zakresu technologii maszyn. Instytut Technologii Maszyn Politechniki Krakowskiej, Sekcja Technologii Komitetu Budowy Maszyn Polskiej Akademii nauk, sekcja I, Kraków 1975.
 - 9.Latoś H.: Chropowatość powierzchni kształtowej, obrabianej frezami o prostoliniowych krawędziach skrawających. Materiały II Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej, Tendencje rozwojowe w technologii maszyn, sekcja I, Zielona Góra, 1975.
 - 10.Latoś H.: Grubość i przekrój warstwy skrawanej przy toczeniu promieniowym powierzchni kształtowych hiperboloidalnych nożami o prostoliniowych krawędziach. Zeszyty Naukowe Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy, Mechanika, nr 20, 1978.
 - 11.Latoś H., Łoś W.: Frezy kształtowe o hiperboloidalnej powierzchni działania. Bydgoskie Towarzystwo Naukowe. Prace Wydziału Nauk Technicznych, seria B, nr 2, 1970.
 - 12.Latoś H.: Zastosowanie frezów hiperboloidalnych do obróbki materiałów niemetalowych. I Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna na temat: Obróbka materiałów niemetalowych. Rzeszowskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Rzeszów, 1970.
 - 13.Latoś H., Żebrowski M.: Badanie okresu trwałości ostrza frezów hiperboloidalnych przy skrawaniu niektórych tworzyw sztucznych. Bydgoskie Towarzystwo Naukowe. Prace Wydziału Nauk Technicznych, seria B, nr 4, 1972.
 - 14.Latoś H., Szczepaniak Z.: Niektóre możliwości geometrycznego uelastycznienia powierzchni działania kształtowych narzędzi obrotowych. Postępy Technologii Maszyn i Urządzeń. Vol. 21 nr 1, 1977.
 - 15.Latoś H.: Zastosowanie ostrzy o prostoliniowych krawędziach do obróbki powierzchni kształtowych. Zeszyty Naukowe Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy. Nr 51 Mechanika (19), Bydgoszcz 1978.
 - 16.Latoś H.: Elastyczność geometryczno-kinematyczna narzędzi skrawających. Wydawnictwo Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej im. J. i J. Śniadeckich w Bydgoszczy, Bydgoszcz 1997
 - 17.Latoś H.: Monolityczne ostrza skojarzone do skośnego skrawania, [w]: Obróbka skrawaniem – wysoka produktywność, red. P. Cichosz, Wrocław. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, 2007, s. 191÷198.
 - 18.Latoś H., Rozwadowski W., Polasik R.: Toczenie skośne stali ostrzem specjalnym z dwiema krawędziami skrawającymi. Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji, 2009, vol. 29, nr 2, s. 30÷40.
 - 19.Latoś H., Rozwadowski W., Polasik R.: Toczenie żelaza Armco ostrzem skojarzonym do skośnego skrawania , [w]: Obróbka skrawaniem – innowacje, red. J. Stós, Kraków, Instytut Zaawansowanych Technologii Wytwarzania 2008, s. 236÷243.
 - 20.Latour A.: Skrawalność metali i metody jej określania. WNT, Warszawa 1962.
 - 21.Litwin M., Styka-Wlazło Sz., Szymańska J.: Chemia ogólna i nieorganiczna. Wydawnictwo Nowa Era Sp. z o.o., Warszawa 2004
 - 22.Medeksza L.: Geometryczna struktura powierzchni toczonej z okresowo zmiennym posuwem. Prace naukowe ITBM Politechniki Wrocławskiej, Studia i materiały, nr 8, 1975.
- Mikołajczyk J.R., Jędrzejczyk D.: Determination of the correlation between cutting speed in turning and roughness parameter Ra. Obróbka metalu, Nr 3/2022, s. 11÷15.

NAZWA SKN: ARTEMISIA
OPIEKUN NAUKOWY: DR HONORATA NAWROCKA-BOGUSZ
PRZEDOWNICZĄCY: HANNA BIEŃKOWSKA
ADRES E-MAIL: HNAWROCKABOGUSZ@ANS.PILA.PL

NAZWA SKN: BUDOWNICTWA CEGIELKA
OPIEKUN NAUKOWY: MGR INŻ. PAWEŁ GRZYBOWSKI
PRZEDOWNICZĄCY: ZUZANNA PIECHOCKA
ADRES E-MAIL: SKN.BUDOWNICTWA2023@GMAIL.COM

NAZWA SKN: DYDAKTYCZNO-TŁUMACZENIOWE
OPIEKUN NAUKOWY: MGR MARTA KSIĄŻEK-RÓG, DR TOMASZ RÓG
PRZEDOWNICZĄCY: KORNELIA THIEL
ADRES E-MAIL: TROG@ANS.PILA.PL

NAZWA SKN: EKSPLOKACJA
OPIEKUN NAUKOWY: MGR ANDRZEJ GRZESIK
PRZEDOWNICZĄCY: RADOSŁAW MISIAK
ADRES E-MAIL: EKSPLOKACJA13@GMAIL.COM

NAZWA SKN: FILAMENT MIBM
OPIEKUN NAUKOWY: MGR INŻ. MATEUSZ KABAT
PRZEDOWNICZĄCY: GUSTAW STANOWSKI
ADRES E-MAIL: FILAMENTMIBM@GMAIL.COM

NAZWA SKN: GERMIS
OPIEKUN NAUKOWY: DR ZOFIA MOROS-PAŁYS
PRZEDOWNICZĄCY: KORNELIA THIEL
ADRES E-MAIL: ZMOROS@ANS.PILA.PL

NAZWA SKN: HEKOSMETER
OPIEKUN NAUKOWY: MGR JUSTYNA CISZEK
PRZEDOWNICZĄCY: JULIA JAGODZIŃSKA-TROJAK
ADRES E-MAIL: KOSMETOLOGIA@ANS.PILA.PL

NAZWA SKN: ELEKTRONIKÓW
OPIEKUN NAUKOWY: MGR INŻ. PAWEŁ SZUBERT
PRZEDOWNICZĄCY: ADAM ZIOBRO
ADRES E-MAIL: PSZUBERT@ANS.PILA.PL

NAZWA SKN: ESCULAP
OPIEKUN NAUKOWY: MGR MILENA PEŁCZYŃSKA
PRZEDOWNICZĄCY: WERONIKA SKIBA
ADRES E-MAIL: LUMIERE@VP.PL

NAZWA SKN: FILOLODZY
OPIEKUN NAUKOWY: DR MARLENA BIELAK
PRZEDOWNICZĄCY: ANGELIKA SZAŁOWSKA
ADRES E-MAIL: MBIELAK@ANS.PILA.PL

NAZWA SKN: LOGISTYK
OPIEKUN NAUKOWY: MGR INŻ. JANUSZ DRZEWIECKI
PRZEDOWNICZĄCY: JAGODA FABISZAK
ADRES E-MAIL: ADRSERVIS@OP.PL

NAZWA SKN: MEDICAL SIMULATIONS IN NURSING
OPIEKUN NAUKOWY: DR ANNA ŻDANOWICZ MGR MAŁGORZATA KULCZYŃKA-PIECZUL
PRZEDOWNICZĄCY: GRACJAN SZPREJDA
ADRES E-MAIL: AZDANOWICZ@ANS.PILA.PL MKULCZYNSKA@ANS.PILA.PL

NAZWA SKN: MŁODYCH EKONOMISTÓW ANS W PILE
OPIEKUN NAUKOWY: MGR ZOFIA MIECHOWICZ
PRZEDOWNICZĄCY: PATRYCJA KOŻLINKA
ADRES E-MAIL: KOLOEKONOMISTOWANS@GMAIL.COM

NAZWA SKN: NEW LIFE
OPIEKUN NAUKOWY: DR KAMILA SADAJ-OWCZAREK
PRZEDOWNICZĄCY: BARBARA GRZYBKOWSKA
ADRES E-MAIL: KSADAJ@ANS.PILA.PL

NAZWA SKN: PRZYSŁONA
OPIEKUN NAUKOWY: MGR PIOTR TRYCHOŃ
PRZEDOWNICZĄCY: ALEKSY MAREK
ADRES E-MAIL: PIOTRTRYCHON@TLEN.PL

NAZWA SKN: SOWA
OPIEKUN NAUKOWY: DR INŻ. MAHMOUD HSINO
PRZEDOWNICZĄCY: JULIA GÓRZNA
ADRES E-MAIL: MHSINO@ANS.PILA.PL

NAZWA SKN: VIS PROBANDI
OPIEKUN NAUKOWY: DR MICHAŁ SZYKUT
PRZEDOWNICZĄCY: DOMINIKA RYBA
ADRES E-MAIL: SKNVISPROBANDI@GMAIL.COM

NAZWA SKN: PODSTAW KONSTRUKCJI MASZYN, TRIBOLOGII I
TERMODYNAMIKI
OPIEKUN NAUKOWY: DR INŻ. JAROSŁAW MIKOŁAJCZYK
PRZEDOWNICZĄCY: FILIP GÓRA
ADRES E-MAIL: SKNPKM@EDU.ANS.PILA.PL



wydawnictwo.ans.pila.pl



**Akademia
Nauk Stosowanych**
im. Stanisława Staszica w Pile