

**Adam BARYLSKI**

Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny

## **PROBLEMY TECHNOLOGICZNEGO DOCIERANIA POWIERZCHNI PŁASKICH W UKŁADACH JEDNOTARCZOWYCH**

### **Słowa kluczowe**

Docieranie technologiczne, powierzchnie płaskie, docieraki, badania.

### **Key words**

Technological lapping, flat surfaces, lapping tools, study.

### **Streszczenie**

W pracy przedstawiono wyniki badań własnych docierania powierzchni płaskich elementów metalowych. Badania przeprowadzono w układach jednotarczowych z wykorzystaniem docieraków aktywowanych ścierniwem w sposób swobodny i wymuszony oraz narzędziami dwumetalowymi i ścierno-metalowymi. Obejmują one wpływ podstawowych warunków technologicznych na intensywność obróbki i jakość powierzchni po docieraniu.

### **WPROWADZENIE**

Docieranie należy do jednych z najczęściej stosowanych metod obróbki ścierniej bardzo dokładnej. Jest tak głównie dlatego, iż obróbka ta umożliwia uzyskanie, przy względnie prostych środkach produkcji, małej chropowatości powierzchni oraz wysokiej dokładności kształtu i wymiaru. Struktura geometryczna powierzchni po docieraniu jest bardzo korzystna w połączeniach ruchomych elementów - z uwagi na zdolność do utrzymywania warstwy smaru, w połączeniach

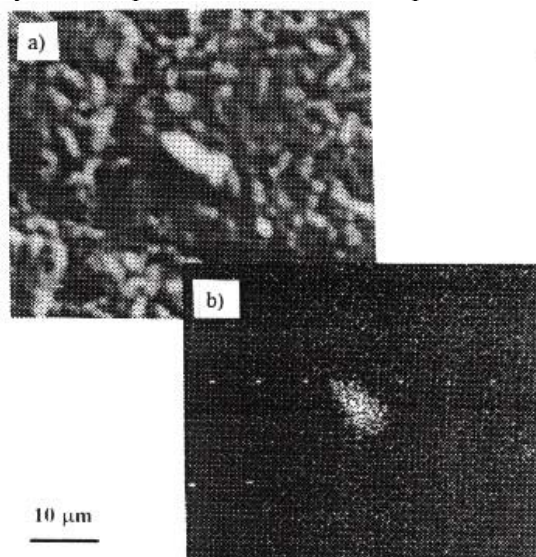
zaś stałych ze względu na dużą nośność. Docieranie powierzchni płaskich stosowane jest najczęściej. Elementy takiego systemu obróbkowego charakteryzuje liczny zbiór właściwości, przede wszystkim konstrukcyjnych, materiałowych i powierzchniowych - związanych z przedmiotem docieranym, docierakiem, ścierniwem i obrabiarką [1,5-9]. Na dokładność wymiarową i kształtową docierania oraz jakość powierzchni istotny wpływ ma zastosowane narzędzie. Do podstawowych właściwości, jakie charakteryzują docierak należą: rodzaj materiału (twardość i mikrostruktura), zachowanie płaskości w czasie (przy minimalizacji zużycia), właściwa sztywność, odporność na korozję, łatwość wymiany na docieracze, sposób rowkowania, chropowatość powierzchni czynnej po wyrównywaniu i dobra uzbrajalność (zdolność aktywizacji) mikroziarnami ściernymi.

Współcześnie, rozwijana jest zarówno tradycyjna obróbka docierakiem aktywowanym w sposób swobodny jak i nowoczesne technologie docierania docierakami zbrojonymi w sposób wymuszony, narzędziami dwumetalowymi i ścierno-metalowymi.

## **DOCIERANIE DOCIERAKIEM ŻELIWNYM AKTYWIZOWANYM W SPOSÓB SWOBODNY**

Ten sposób obróbki, oprócz licznych zalet, ma też istotną wadę, która dotyczy skażenia powierzchni ścierniwem głównie materiałów o niskiej twardości lub tych, które zawierają miękkie składniki strukturalne (rys.1). Skażenie warstwy wierzchniej przedmiotu jest szkodliwe głównie w aspekcie eksploatacyjnym, gdyż wywołuje wzrost zużycia ściernego współpracujących ruchowo elementów [4]. W warunkach okresowego dawkowania pasty ścierniej następuje stosunkowo szybki spadek w czasie wydajności docierania. Wprowadzając dawkowanie ścierniwa o zmiennym numerze mikroziarna można zintensyfikować obróbkę, co jednak nie pozostaje bez wpływu na jakość powierzchni. Zwiększając przy stałym nacisku oraz koncentracji ścierniwa wielkość mikroziarna, powoduje się zwiększenie prawdopodobieństwa rozdrobnienia ścierniwa. Dla zapewnienia jednowarstwowego ułożenia mikroziaren o dużym numerze w strefie obróbki, konieczne jest zmniejszenie koncentracji powierzchniowej ścierniwa na docieraku, co w następstwie spowoduje wzrost obciążenia mikroziaren, ich kruszenie i spadek wydajności. Przy okresowym dawkowaniu pasty, chociaż występuje spadek wydajności docierania w czasie, to jednak wskutek rozdrobnienia mikroziaren (zmniejszenie ich obciążenia jednostkowego) następuje permanentne zmniejszenie chropowatości powierzchni, przy jednoczesnej stabilizacji aktywizacji ścierniwem

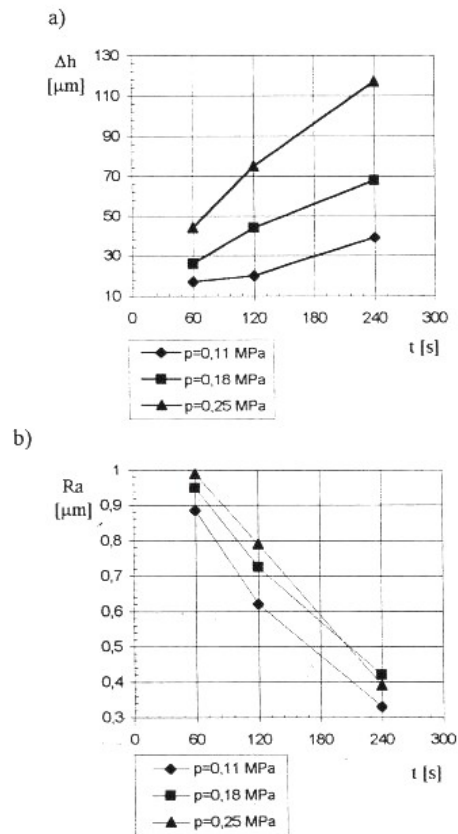
powierzchni czynnej docieraka w końcowej fazie procesu. Istotnym problemem jest też skuteczność oczyszczania powierzchni elementów po docieraniu.



Rys. 1. Mikrofotografie powierzchni żeliwa Z<sub>c</sub>55003 po docieraniu: a) SEM, b) SiK<sub>α</sub>  
Fig. 1. Microphotograph of Z<sub>c</sub>55003 cast iron after lapping: a) SEM, b) SiK<sub>α</sub>

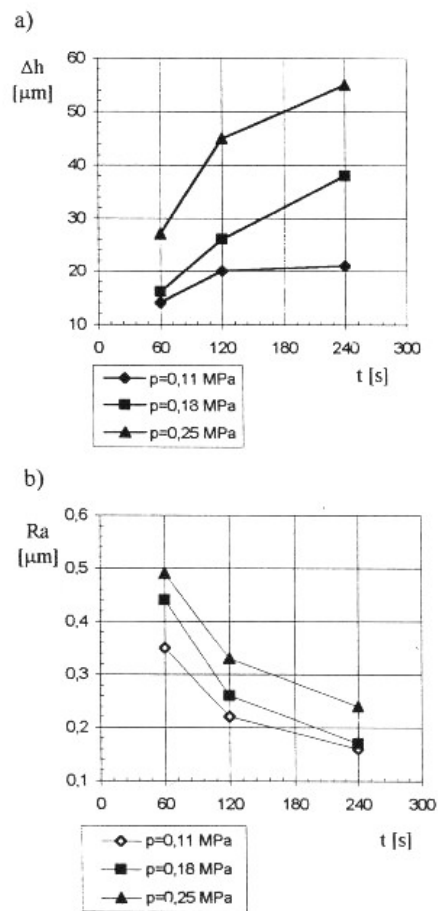
#### DOCIERANIE DOCIERAKAMI ŻELIWNymi AKTYWIZOWANYMI W SPOSÓB WYMUSZONY

Dalszą poprawę jakości obróbki uzyskać można stosując docieraki aktywizowane w sposób wymuszony (najczęściej rolkami) przed właściwym docieraniem [10,11]. Porównując wyniki docierania żeliwa Z<sub>c</sub>50007 (rys.2 i 3) można łatwo zauważyć, że zwiększenie nacisku jednostkowego od 0,11 do 0,15 MPa podczas obróbki docierakiem zbrojonym swobodnie, powoduje przyrost ubytku o 72 μm, zaś przy zastosowaniu docieraków zbrojonych (aktywizowanych) w sposób wymuszony o 34 μm. Wprowadzenie maszynowego [5] zbrojenia docieraków żeliwnych mikroziarnami węgla krzemu umożliwia około dwukrotne zmniejszenie chropowatości powierzchni docieranych żeliw przy jednoczesnym około dwukrotnym spadku wydajności, w porównaniu z docieraniem tradycyjnym. Zastosowanie docieraków aktywizowanych w sposób wymuszony należy uznać za korzystne z uwagi na oszczędną gospodarkę ścierniwem.



Rys. 2. Wpływ nacisku jednostkowego  $p$  i czasu docierania  $t$  na: a) ubytek  $\Delta h$  żeliwa  $Z_s50007$ , b) chropowatość powierzchni  $R_a$ . Warunki badań: docierak zbrojony swobodnie, materiał próbki – żeliwo  $Z_s50007$

Fig. 2. The influence of unit pressure and lapping time on: a) material removal rate  $\Delta h$ , b) surface roughness  $R_a$ . Test conditions: free charging with abrasive, material of samples – cast iron  $Z_s50007$



Rys. 3. Wpływ nacisku jednostkowego p i czasu docierania t na:

a) ubytek  $\Delta h$  żeliwa

Z<sub>5</sub>50007, b) chropowatość powierzchni  $R_a$ .

Warunki badań: docierak zbrojony mikroziarnami 99C F320/29;

warunki zbrojenia: p=310,5 N/m, t=180 s, v=0,059 m/s

Fig. 3. The influence of unit pressure and lapping time on:

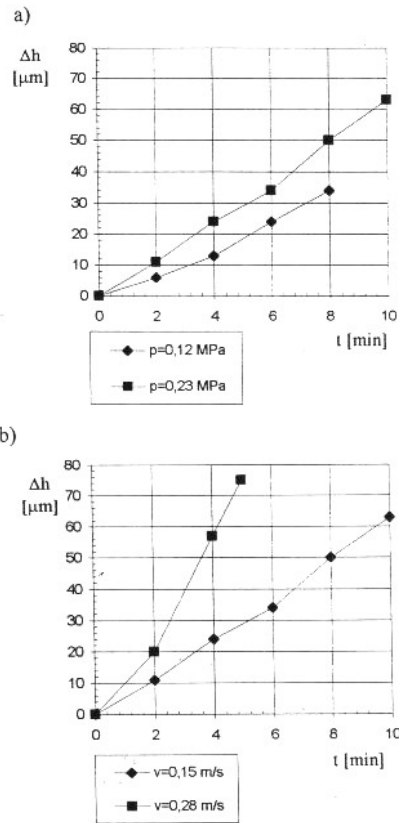
a) material removal rate  $\Delta h$ , b) surface roughness  $R_a$ .

Test conditions: forced charging with abrasive of 99C F320/29,  
material of samples – cast iron Z<sub>5</sub>50007;

charging conditions: p=310.5 N/m, t=180s, v=0.059 m/s

## DOCIERANIE DOCIERAKAMI DWUMETALOWYMI

Korzystną konstrukcję docieraków dwumetalowych tłumaczyć można tym, iż mikroziarna ścierna dawcowane na powierzchnię czynną uzyskują odpowiednie przyspieszenie kątowe, co intensyfikuje skrawanie, po czym następuje penetracja mikroziarna w materiał bardziej miękki. Czynne są tu zarówno mikroziarna umocowane w docieraku, jak i toczące się [12]. Badania wydajności docierania narzędziami dwumetalowymi wykonano stosując docieraki żeliwno-miedziane i żeliwno-stalowe oraz dla porównania jednolite (żeliwne). Korpusy narzędzi wykonano z żeliwa Z<sub>s</sub>50007 (183 HB), zaś wklejane wkładki ze stali 45 (387 HB) oraz miedzi MOOB (80 HB), przy czym zajmowały one 50% powierzchni roboczej tarcz. Do badań stosowano zawiesiny ścierna o składzie wagowym: 60% ścierniwa, 20% oleju maszynowego i 20% nafty. Największą wydajność obróbki żeliwa uzyskano dla docieraka żeliwno-stalowego, najmniejszą dla docieraka żeliwnego (jednolitego). Przeprowadzone badania docieraków dwumetalowych wykazały, iż wzrost nacisku jednostkowego i prędkości docierania powoduje istotny wzrost wydajności (rys.4). Związane jest to ze wzrostem głębokości zagłębienia mikroziarna w materiał docierany jak i ze zmianą dynamicznego oddziaływania ścierniwa. Oczywistym jest fakt, iż wraz ze wzrostem prędkości względnej w układzie docierak-przedmiot, w określonym czasie  $t$ , wzrasta również droga skrawania mikroziarna. Uzyskano także zwiększoną wydajność obróbki stali NC6 docierakiem żeliwno-stalowym. Wyniki tych badań potwierdzają rezultaty uzyskane przy docieraniu żeliwa Z<sub>s</sub>55003, przy czym w obróbce stali o stosunkowo dużej twardości (NC6) stosowanie docieraków żeliwno-miedzianych jest mniej korzystne. Najmniejszą chropowatość powierzchni uzyskano przy stosowaniu docieraka żeliwno-miedzianego, zaś największą przy obróbce narzędziem żeliwno-stalowym.



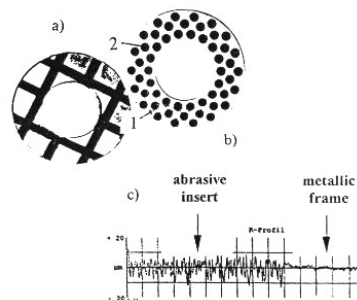
Rys. 4. Ubytek materiałów w funkcji czasu docierania: a) żeliwa Z<sub>s</sub>55003, v= 0,15 m/s, b) stali NC6, p=0,23 MPa, warunki badań: docierak zbrojony mikroziarnam 99C F400/17, warunki zbrojenia: p=777 N/m, t=180 s, v=0,059 m/s

Fig. 4. Material removal rate as a function of time for lapping of: a) cast iron Z<sub>s</sub>55003, v=0.15 m/s, b) steel NC6, p=0.23 MPa; test conditions: forced charging with abrasive of 99C F400/17, charging conditions: p=777 N/m, t=180 s, v=0.059 m/s

## DOCIERANIE DOCIERAKAMI ŚCIERNO-METALOWYMI

Zarówno w przypadku docieraków jednolitych jak i dwumetalowych niezbędnym warunkiem realizacji procesu jest ciągle kropłowe lub okresowe dawkowanie środka docierającego. Część mikro ziaren padających na docierak zostaje szybko usunięta z powierzchni przez poruszające się przedmioty lub separatory i nie bierze udziału w skrawaniu. Takie dawkowanie ścierniwa z nadmiarem często występuje w praktyce warsztatowej. Mając na uwadze uwarunkowania docierania konwencjonalnego, za celowe uznać należy poszukiwanie niestandardowych rozwiązań konstrukcji narzędzi. Jedną z takich prób są docieraki ścierno-metalowe [2,3]. W czasie docierania takimi narzędziami dawkowany jest jedynie płyn obróbkowy. Korpus wykonany jest z żeliwa ZI250 (191 HB), o osnowie ferrytyczno-perlitycznej.

W pierwszej wersji konstrukcyjnej docieraka wkładki ścierne na bazie węglika krzemu lub elektrokorundu rozmieszczone są na powierzchni narzędzia symetrycznie, przy czym występować mogą zarówno zarysy prostokątne jak i kołowe (rys.5).



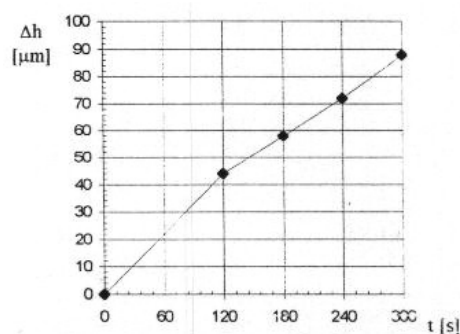
Rys. 5. Konstrukcje docieraków ścierno-metalowych: a) wersja I, b) wersja II, c) profilogram powierzchni czynnej docieraka (1- część żeliwna, 2- wkładki ścierne)

Fig.5. Lapping tools with abrasive elements: a) version I, b) version II, c) profilogram of an active surface of the lap (1-cast iron, 2-abrasive insertions)

W drugiej wersji konstrukcyjnej, elementy ścierne w kształcie kołowych tabletek wykonano mieszając mikro ziarna BC400 z mikro ziarnami elektrografitu lub miedzi, z żywicą epoksydową. Na rys.6 przedstawiono, przykładowo, wyniki badań ubytku elementów docieranych ze stali NC6 docierakiem ścierno-



metalowym (z mikro ziaren 99C F320/29, twardość pilników: J). Dotychczasowe próby wskazują na około dwukrotny wzrost wydajności docierania i prawie tyleż krotny spadek jakości, przez pogorszenie chropowatości powierzchni. Opracowane narzędzia ścierno-metalowe charakteryzują się tym, iż możliwe jest wykorzystanie zdolności skrawnych mikro ziaren w wyniku zużycia wkładek, które aktywizują powierzchnię korpusu żeliwnego. Dobór charakterystyki wkładek ułatwić może optymalizację docierania, co ma duże znaczenie w przypadku ścierniw super twardych, a więc drogich.



**Rys. 6. Ubytek elementów ze stali NC6 docieranych docierakiem ścierno-metalowym;  
warunki badań:  $v=1\text{m/s}$ ,  $p=0,169\text{ Mpa}$**   
**Fig. 6. Material removal rate in lapping of NC6 steel using abrasive-metallic tools;  
test conditions:  $v=1\text{m/s}$ ,  $p=0.169\text{ MPa}$**

## UWAGI OGÓLNE

Omówione przykłady nie wyczerpują wszystkich możliwości technologicznych docierania powierzchni. Przykładowo, stosując docieraki żeliwne uzyskuje się zwiększoną wydajność i dokładność obróbki, lecz i większą chropowatość powierzchni niż w przypadku jednolitego docieraka miedzianego. Stosując docieraki stalowe zmniejszamy wydajność, przy wzroście trwałości narzędzia i dokładności obróbki. W praktyce na wybór metody docierania i rodzaju narzędzia powinien mieć przede wszystkim wpływ gatunku materiału elementu oraz wielkość naddatku obróbkowego. Propozycja docieraków ścierno-metalowych wydaje się być szczególnie zasadną w docieraniu ceramiki, co obecnie coraz częściej ma zastosowanie w wytwarzaniu elementów maszyn.

## LITERATURA

- [1] Abrahamson G.R.: Wear and lubrication as observed on a lap table with loose and bonded abrasive grit. Trans. of the ASME. Journal of Tribology. 1991, nr 113.
- [2] Patent. Polska, nr 172327. Docierak płaski, zwłaszcza do docierania wstępnego. P. Gdań. Tw. wynal. A. Barylski, 1997.
- [3] Patent. Polska, nr 172330. Docierak płaski, zwłaszcza do docierania wykańczającego. P. Gdań. Tw. wynal. A. Barylski, 1997.
- [4] Barylski A.: Influence of lapping conditions and parameters on the surface contamination. W: Recent advances in tribology. X National Conference on Industrial Tribology, Dehra Dun, India, 1993.
- [5] Barylski A.: Theoretical and experimental of flat surface lapping on disk lapping machine. W: International progress in precision engineering. Proceedings of the 7th International Precision Engineering Seminar (Suppl.), Kobe, 1993.
- [6] Gonthier J.R.: Applications universelles de matériaux peu connus. Usinage de l'extra-dur. Marché Suisse des Machines. 1992, nr 3.
- [7] Ischikawa K., Ichikawa K., Suwabe H., Takagi H.: Nippon Kikai Gakai Ronbunshu c. Hen. 1989, nr 515 (jap.).
- [8] Kling J., Mathias E.: Workpiece material removal and lapping wheel wear in plate and planeparallel lapping. Ann CIRP 1986, nr 1.
- [9] Materiały informacyjne firmy A.W. Stähli, Pieterlen/Biel (Szwajcaria), 1995.
- [10] Patent. Polska, nr 153088. Urządzenie do maszynowego zbrojenia tarczy docierającej ściernowem. P. Gdań. Tw. wynal. A. Barylski, 1991.
- [11] Patent. Polska, nr 162386. Głowica do zbrojenia ścierniwem tarczy docierającej. P.Gdań. Tw. wynal. M. Feld, A. Barylski, H. Pohmara, J. Scisłowski, 1993.
- [12] Patent. Polska, nr 162646. Docierak płaski. P. Gdań. Tw. wynal. A. Barylski, 1993.

## **The problems connected with technological lapping of flat surfaces in single-disk systems**

### **Abstract**

Lapping is one of the most common finishing operation used on flat or cylindrical surfaces. Fine surface finish and high dimensional accuracy can be obtained in lapping with the use of relatively simple means of productions. Geometrical structure of the lapped surface has good properties in sliding joints - the valleys in the surface roughness of the contacting bodies can serve as local reservoirs for lubricants, as well as in stationary joints because of the high bearing ratio. Elements of this machining system are characterised by the set of many structural, material and surface properties connected with the work piece, lap, abrasive particles and the lapping machine. The lap – a tool used in lapping – has an essential influence on the dimensional and shape accuracy.

Lapping with tools of cast iron freely charged with abrasive, apart from many advantages, has an essential disadvantage related to the abrasive contamination mainly of the soft materials or soft structural constituent (Fig.1). The abrasive contamination of the surface layer is damaging during the operating period and causes increasing abrasive wear of elements in sliding joints. When the abrasive compound is dosed periodically, the material removal rate decreases quite rapidly. Introducing abrasive grains of different numbers (size) intensifies the material removal but it also affects the quality of the lapped surface. The probability of breaking the grains up increases with the increase in the micro grain size, under the constant load and abrasive particles concentration. In order to ensure the one-layer distribution of the large number micro grains it is necessary to reduce the abrasive particles concentration on the active surface of the lap and in turn abrasive particles crushed under the higher unit pressure and the material removal rate decreases. When the abrasive is supplied from the paste of abrasive compound periodically, the removal rate and the surface roughness decrease due to the crushing of micro grains and the charging of the active surface of the lap with abrasive stabilises in the final phase of lapping.

Forced charging of the laps before lapping (using special rollers) results in the further improvement in the process quality. Comparing results from lapping of cast iron Z<sub>s</sub>50007 (Fig.2 and 3), it is seen that the material removal increases with the increase in unit pressure ranging from 0.11 to 0.15 MPa. Using freely charged tool, material removal is respectively higher of 72 µm and forced charging causes the

increase of 34  $\mu\text{m}$ . It was recorded that machine forced charging of laps with silicon carbide micro grains makes possible obtaining the surface roughness lower of about 50% as compared to that obtained in conventional (freely charged) lapping. The same is true for the material removal rate. The use of laps with forced charging is seen as a beneficial method from the abrasive management point of view.

Good abrasive properties of two-metallic laps could be explained by the fact that the micro grains supplied on an active surface get an adequate angular acceleration what makes the machining more intensive, then they penetrate the tool surface and eventually become embedded in the softer material. Material can be removed by particles embedded in the lapping plate as well as by rolling grains. Two-metallic tools of cast iron-copper and cast iron-steel were used in lapping experiments and a monometallic lap of cast iron was used for comparison experiments. The main frame of tools made of Z<sub>s</sub>50007 cast iron (183 HB) and metallic inserts of 45 steel (387 HB) and MOOB copper (80 HB) were joined together with glue. Surface area of metallic inserts took 50% of an active surface of the tool. The highest removal rate was observed for cast iron-steel lap and the lowest for monometallic lap. The results of testing on two-metallic tools show that material removal increases considerably with the increase in unit pressure and lapping speed (Fig.4). This is the results of deeper penetration of the work piece surface by abrasive particles and the results of the change in the dynamic interaction of abrasive. Also the higher the relative speed in the lap-work piece system is, in the period of time, the longer the cutting trajectories are. The higher material removal rate was also recorded during experiments performed on samples of NC6 steel using cast iron-steel lap. The same is true for experiments performed on samples of Z<sub>s</sub>55003 cast iron, however the use of cast iron-copper lap for relatively hard samples of NC6 steel is not as effective. The lowest surface roughness was obtained for cast iron-copper tool and the highest roughness for cast iron-steel lap.

Abrasive particles are introduced into the contact region between the work piece and the lapping tool drop by drop or periodically when monometallic and two-metallic laps are used. Some of micro grains are removed from the active surface of the lap by moving work pieces and separators and they do not take part in machining. Particles are usually dosed excessively in practice. Taking into accounts conditions of conventional lapping, promising approach to lapping is to utilise non-conventional constructional solutions of lapping tools.

An abrasive-metallic lapping plate is one of the examples. Only cutting fluid (based on machine oil and kerosene) is dosed on the tool during lapping. The main frame of the tool is made of ZI250 cast iron (191 HB) with ferritic-perlite matrix. In the first version of the tool, abrasive inserts consists of silicon carbide or aloxite

grits and are located on the active surface symmetrically. Their contours can be rectangular or circular (Fig.5). In the second version, circular abrasive inserts consist of BC 400 micro grains mixed with electrographite or copper micro grains and epoxy resins. The effect of using abrasive-metallic laps based on the 99C F320/29 abrasive (hardness J) is shown in Fig.6. The material removal rate is twice as high as in conventional lapping but the quality of lapping decreases – surface roughness is lower. Designed abrasive-metallic tools are characterised by the possibility of using cutting ability of particles from the worn inserts. The active surface of the cast iron frame can be charged with these micro grains. The proper selection of inserts characteristic can make easier the optimisation of lapping what is very important especially when super hard grits are used due to the high cost.