

dr inż. Tadeusz GRZESIK
Akademia Techniczno-Rolnicza
w Bydgoszczy

PRÓBY POPRAWIENIA SKRAWALNOŚCI WYSOKOMANGANOWEGO STALIWA
AUSTENITYCZNEGO POPRZEZ ZMIANĘ ŚRODKÓW I WARUNKÓW OBRÓBKII

1. Wstęp

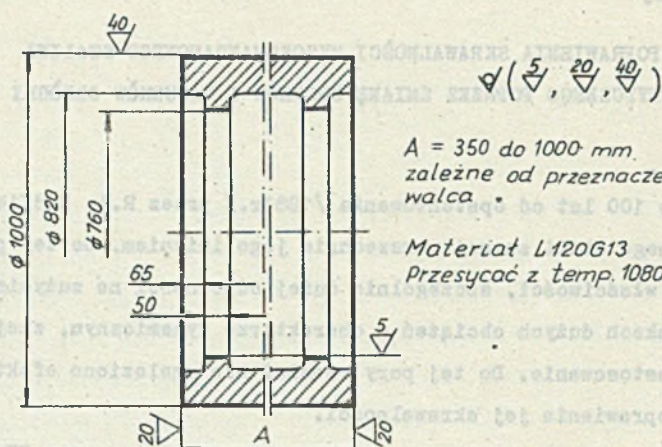
Mińęło 100 lat od ópatentowania /1883r./ przez R.A. Hadfielda skła-
du chemicznego stali zwanej powszechnie jego imieniem. Do tej pory z po-
wodu swych właściwości, szczególnie dużej odporności na zużycie, zwłasz-
cza w warunkach dużych obciążeń o charakterze dynamicznym, znajduje ona
szerokie zastosowanie. Do tej pory również nie znaleziono efektywnych
sposobów poprawienia jej skrawalności.

Stal Hadfielda produkowana jest w kraju i objęta normą PN-72/H-83160
"Staliwa odporne na ścieranie - gatunki". Oznaczona jest symbolem L120G13
Ocena się [12], że produkcja ta wynosi 20 % ilości wszystkich staliw
stopowych. Duże zastosowanie znajduje ono w przemyśle maszyn do produkcji
materiałów budowlanych. Wykonywane są z niego podstawowe części maszyn
krusząco-mielących - walce, stożki zewnętrzne i wewnętrzne, szczęki i mło-
tki. Ze względu na złą skrawalność zaleca się kształtowanie elementów ze
stali Hadfielda metodami obróbki bezwiórowej. Wymienione części posiadają
jednak powierzchnie dokładnie kojarzone, to też ich obróbka skrawaniem
jest konieczna. Zainteresowanie wymienionego przemysłu poprawieniem skra-
walności staliwa L120G13 dało autorowi asumpt do przeprowadzenia obszer-
nych badań. Ogólne przedstawienie ich zakresu i rezultatów jest celem te-
go opracowania.

Badania w warunkach produkcyjnych iwdrożenia przeprowadzono na wal-
cach kruszących będących typowym przedstawicielem elementów roboczych
maszyn krusząco-mielących - rys.1, natomiast badania laboratoryjne wykó-
nano na specjalnie odlanych wałkach o wymiarach $D \times L = 130 \times 1000$ mm.
Sposób obróbki - toczenie, rodzaj - skórowanie i kształtowanie.

2. Weryfikacja materiału

Skład chemiczny materiału określony jest w wymienionej PN i atesto-
wany przez dostawcę. Własności mechaniczne natomiast norma nie określa



$A = 350$ do 1000 mm.
zależne od przeznaczenia
walcu

Materiał L120G13
Przesycoć z temp. $1080 \pm 20^\circ\text{C}$

Rys. 1. Typowy element wykonywany ze staliwa Hadfielda - walec kruszarki.

i ze względu na szczególne trudności wykonawcze nie są one badane. Przeprowadzono własne badania tych własności dla 9 różnych wytopów [7]. Wyniki podano w tabelicy 1. Stwierdzono, że wskaźniki wytrzymałościowe są zbliżone do znalezionych w literaturze [1, 12, 16], natomiast wyraźnie niższe są wskaźniki dotyczące własności plastycznych.

Tablica 1
Własności mechaniczne staliwa L120G13.
Wyniki badań 9 wytopów

Parametr	R_m [MPa]	R_u [MPa]	$R_{0,2}$ [MPa]	A_5 [%]	Z [%]	KM [J/cm ²]	HRD
Wartość *)	643 ± 20	840 ± 37	434 ± 6	166 ± 15	$23,8 \pm 1,3$	$115 \pm 9,2$	$38,9 \pm 0,44$

*) Wartość średnia dla 90 prób - po 10 dla każdego z wytopów.
Przedział ufności oszacowano na poziomie istotności 0,05.

3. Obróbka konwencjonalna

Źródła [1, 13, 16] zgodnie podają, że obróbka skrawaniem staliwa Hadfielda jest możliwa, aczkolwiek nader utrudniona. Podawane są ogólne zalecenia szczególnie dotyczące sztywności układu i doboru takich warunków pracy, aby obróbka odbywała się bez drgań. Przeprowadzone rozeznanie i próby [4, 5] wykazały bardzo duży rozrzut parametrów zarówno zalecanych jak i stosowanych. Nie znaleziono żadnych danych odnośnie trwałości ostrza. Wykonano więc własne badania odniesione do konkretnych krajowych warunków przemysłowych. Zanaleziono najlepszy gatunek materiału na ostrze skrawające - węgliki spiekane U10 [8] oraz kształt narzędzia. Dla tych warunków określono zalecane parametry skrawania - tablica 2. Nie są one

Tablica 2

Zalecane dla praktyki produkcyjnej parametry obróbki tocz-
niem odlewów ze staliwa L120G13

<i>Stan po- wierzchni</i> Rodzaj obróbki	Parametry ↓	D („dobra”)	Z („zła”)
S (zgrubna- -skórowanie)	g [mm]	4	4
	p [mm/obr]	0,4	0,5
	v [m/s]	0,23	0,15
	T [min]	15	15
K (kształtująca)	g [mm]	2	2
	p [mm/obr]	0,4	0,5
	v [m/s]	0,23	0,13
	T [min]	50	50

wysokie, ale pozwalają na prowadzenie racjonalnej gospodarki narzędziami, gdyż określają warunki, przy których ostrze nadaje się jeszcze do regeneracji. W dotychczasowej sytuacji dochodziło z reguły do wytrzymałościowego zużycia ostrza.

Wyjaśnienia wymaga wprowadzenie podziału obrabianych powierzchni na „dobre - D” i „złe - Z”. Jest to podział nieformalny, gdyż odlewy o po-

wierzchniach "złych" nie powinny być w zasadzie obrabiane - zawierają nieciągłości powierzchni, wtrącenia, a także niezbadane bliżej likwacje o szczególnej twardości i wykazujące własności ferromagnetyczne. Opracowanie danych również dla powierzchni "Z" było konsekwencją przyjętego założenia aby opracowane zalecenia były przydatne dla istniejącej praktyki produkcyjnej.

4. Obróbka z zastosowaniem płynów chłodząco-smarujących

Poglądy o celowości stosowania płynów obróbkowych przy skrawaniu staliwa Hadfielda nie są zgodne. Niektóre źródła podają jednak, że uzyskiwane efekty są korzystne [16]. W tej sytuacji przeprowadzono badania własne [6].

Stosowano następujące płyny:

- elektrolit: 0,5 % Na_2CO_3 + 0,3 % Na_2SiO_3 + H_2O /reszta/,
- 5 % roztwór oleju emulgującego E w wodzie,
- techniczny N_2 ,
- techniczny CO_2 .

Określono zależności $h_p = f/t/$ oraz $N = f/h_p/$.

Stwierdzono korzystny wpływ stosowania płynów obróbkowych, zwłaszcza w formie gazowej, na trwałość ostrza - tablica 3. Nie stwierdzono nato-

Tablica 3

Czas stępienia ostrza do $h_p = 1,2$ mm w zależności od stosowanych płynów obróbkowych. Parametry skrawania: $v = 0,27$ m/s, $p = 0,5$ mm/obr, $g = 4$ mm. Rodzaj obróbki - skórowanie

L.p.	Rodzaj płynu obróbkowego	Sredni czas stępienia z przedziałem ufności oszacowanym na poziomie istotności 0,05 [minut]
1.	Bez płynu obróbkowego	$29,0 \pm 10,8$
2.	Elektrolit	$35,0 \pm 14,4$
3.	Emulsja E 5%	$39,5 \pm 9,5$
4.	N_2 techniczny	$54,4 \pm 6,0$
5.	CO_2 techniczny	$62,3 \pm 19,0$

miast istotnych statystycznie różnic w poborze mocy. Bardzo korzystny jest wpływ płynów na przebieg zużycia ostrza - przy skrawaniu bez nich ostrza wykazywały objawy zużycia wytrzymałościowego już po 20 minutach, natomiast przy chłodzeniu CO₂ po około 60 minutach dominowało zużycie ściernie.

Należy jednak zwrócić uwagę na istotne trudności techniczne w stosowaniu płynów obróbkowych, szczególnie w formie ciekłej na obrabiarkach ciężkich. Przy stosowaniu gazów dochodzą jeszcze problemy formalno-organizacyjne. Konieczne jest również rozpoznanie zagadnienia od strony ekonomicznej.

5. Obróbka z podgrzewaniem

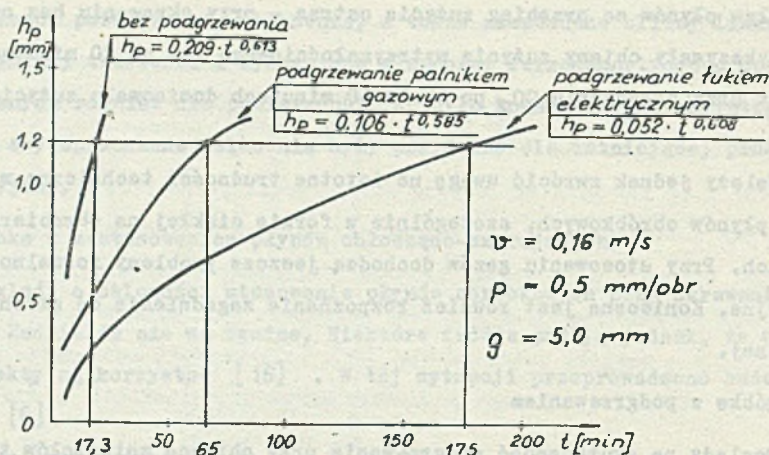
Poglądy na skuteczność podgrzewania przy obróbce materiałów trudno obrabialnych są zgodne [15] i od dawna ustalone. Pierwszego patentu w tym zakresie udzielono B.C. Tilghmanowi w Stanach Zjednoczonych i Niemczech w 1889 r. Badania własne [9] przeprowadzono pod kątem praktycznego zastosowania takiej obróbki w przemyśle. Zawsze uzyskiwano wyraźną poprawę skrawalności. Obszerne badania wymaga natomiast jeszcze wpływ podgrzewania na własności eksploatacyjne obrabianych elementów. Przeprowadzono przyspieszone badania modelowe [10]. Wyniki były bardzo zadowalające, rozstrzygające tu jednak powinny być długotrwałe badania eksploatacyjne.

5.1. Nagrzewanie elektryczne

Wypróbowano nagrzewanie ciepłem wytwarzanym na oporności styku przedmiot - obca elektroda oraz narzędzie - przedmiot. Najkorzystniejsze wyniki uzyskano jednak przy nagrzewaniu łukiem elektrycznym w osłonie argonu wytworzonym między nietopliwą elektrodą wolframową, a przedmiotem. Użyto krajowego urządzenia do spawania argonowego FT 1500 U zasilanego spawarką EW-32U i palnika oryginalnej konstrukcji. Pozytywne wyniki prób laboratoryjnych pozwoliły na uruchomienie stanowiska produkcyjnego.

Wzrost trwałości ostrza uzyskany przy tej metodzie obróbki przedstawiono na rys.2. Szczególnie istotne jest również praktycznie zupełne wyeliminowanie wytrzymałościowego zużycia ostrza.

Obliczone [11] podstawowe wskaźniki wydajnościowe i ekonomiczne ze-



Rys.2. Przebieg zużycia ostrza dla różnych warunków obróbki.

Rodzaj obróbki: skórowanie.

Tablica 4

Wskaźniki techniczno-ekonomiczne uzyskane przy obróbce konwencjonalnej i z podgrzewaniem za pomocą tuku elektrycznego. Rodzaj obróbki: skórowanie

Sposób obróbki	Wskaźniki			
	W_N [kg/kWh]	W_h [kg/godz]	K_h [zł/godz]	C [zł/kg]
A ¹⁾ bez podgrzewania	2,18	6,68	232,18	37,90
B ²⁾ z podgrzewaniem	3,23	49,20	391,58	10,54
Procentowy stosunek $\frac{B}{A}$	148,16	736,52	168,65	27,81

1) Parametry skrawania: $g = 3 \text{ mm}$, $p = 0,5 \text{ mm/obrót}$, $v = 0,16 \text{ m/s}$, $T = 15 \text{ min}$

2) Parametry skrawania: $g = 5 \text{ mm}$, $p = 0,9 \text{ mm/obrót}$, $v = 0,38 \text{ m/s}$, $T = 120 \text{ min}$

W_N - Ilość zeskrwanego materiału przypadająca na jednostkę pobranej energii elektrycznej

W_h - Masa materiału zeskrwanego w czasie 1 godziny

K_h - Koszt 1 godziny pracy

C - Koszt zeskrwania masy 1 kg materiału

stawiono w tablicy 4. Są one bardzo korzystne. Należy jednak zwrócić uwagę na relatywne znaczenie wskaźników K_b i C wobec niestabilizowanej obecnie sytuacji ekonomicznej.

6. Obróbka z zastosowaniem plazmy

Palnik plazmowy jest dostępnym źródłem ciepła o największej intensywności. Wyniki badań [14] mówią o skuteczności zastosowania plazmy, znane są praktyczne zastosowania jej do obróbki [2], a nawet produkowane kompletne urządzenia służące do tego celu [3]. Nie można stwierdzić jednak, że jest to metoda rozpowszechniona.

Przeprowadzono własne próby laboratoryjne z zastosowaniem krajowego urządzenia do cięcia plazmą XC 130 o mocy 30 kW z zasilaczem plazmowym DP1 - 30. Umożliwia ono cięcie za pomocą plazmy powietrznej z plazmotronu PCP7-30 bądź argonowej z plazmotronu PCP2-30.

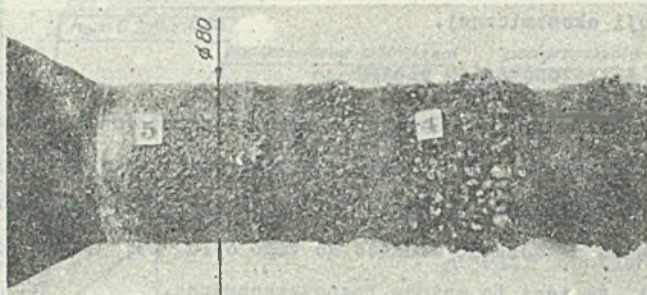
Dokonano prób obrabiania przedmiotu wyłącznie za pomocą strumienia plazmowego, wykorzystania tego strumienia do nagrzewania materiału przed narzędziem skrawającym oraz obróbki skojarzonej - zasadniczą część nadatku /skórę/ usuwał strumień plazmy, a postępujące za nim narzędzie skrawające kształtowało powierzchnię usuwając noszącą efekty działania plazmy warstwę o grubości około 1 mm.

Wszelkie próby z zastosowaniem plazmy powietrznej dały wyniki negatywne. Uzyskiwano powierzchnię pokrytą kroplami stopionego materiału oraz produktami jego utleniania - rys.3. powierzchnia 4.

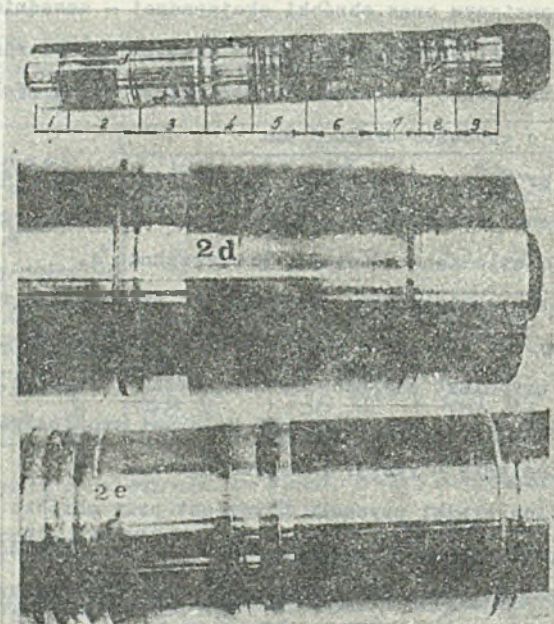
Próby zastosowania plazmy argonowej do nagrzewania warstwy skrawanej również dały wyniki negatywne - nie uzyskano efektu nagrzania na głębokość skrawania, natomiast następowało odparowanie cienkiej warstwy materiału z powierzchni, która pokrywała się kroplami stopionego materiału z produktami utleniania - rys.3. powierzchnia 5.

Zadawalające wyniki uzyskano natomiast przy obróbce skojarzonej - rys.4. Przeciętna wydajność wyniosła 78,6 kg/godz. Jakość uzyskanych powierzchni dobra. Zależnie od stosowanych parametrów skrawania uzyskiwano chropowatość od $R_z = 10 \mu\text{m}$ przy $v = 0,84 \text{ m/s}$, $p = 0,5 \text{ mm/obr}$, $g = 4 \text{ mm}$ do $320 \mu\text{m}$ przy $v = 0,22 \text{ m/s}$, $p = 1,25 \text{ mm/obr}$, $g = 4 \text{ mm}$.

Nie obliczono natomiast wskaźników ekonomicznych, które wobec dużej mocy pobieranej przez plazmotron mogą okazać się niekorzystne.



Rys.3. Próby obróbki z zastosowaniem plazmy. Powierzchnia 4 po poddaniu działaniu plazmy powietrznej. Powierzchnia 5 po próbach nagrzewania za pomocą plazmy argonowej.



Rys.4. Próbka po obróbce skojarzonej przy różnych parametrach - strefy 1 - 9. Skórowanie. Powierzchnia 2d: $v = 0,7$ m/s, $p = 1$ mm/obr, $g = 4$ mm, $T = 46$ min, $R_z = 80$ μ m. Powierzchnia 2e: $v = 0,84$ m/s, $p = 0,5$ mm/obr, $g = 4$ mm, $T = 32$ min, $R_z = 20$ μ m.

7. Wnioski

- 7.1. Obróbka z podgrzewaniem jest efektywnym sposobem poprawienia skrawalności staliwa Hadfielda.
- 7.2. Obróbka z podgrzewaniem za pomocą łuku elektrycznego wykazała przydatność produkcyjną i osiągnęła korzystne wskaźniki techniczne i ekonomiczne.
- 7.3. Skojarzona obróbka za pomocą strumienia plazmy argonowo-wodorowej i urządzenia skrawającego pozwala na uzyskanie największej wydajności, najlepszej jakości powierzchni przy dużej trwałości ostrza i zachowaniu ściernego charakteru jego zużycia.
- 7.4. Obróbka skojarzona jest bardzo energochłonna. O jej stosowaniu w warunkach produkcyjnych przesądzić mogą wskaźniki ekonomiczne, może jednak ona okazać się konieczna ze względów czysto technicznych, jak wymagania wysokiej jakości powierzchni bądź niemożliwość obróbki innymi metodami.
- 7.5. Zbadania wymaga wpływ obróbki z podgrzewaniem na zachowanie się obrabianych elementów w warunkach eksploatacyjnych.

8. Literatura

1. Anonim: Manganese Steel. Published for Hadfields Limited. Edinburg and London, 1956, Oliver and Boyd.
2. Anonim: Usinage assiste par plasma. Machine Moderne, mai, 1974, nr 782, str. 18-20.
3. Anonim: PERA turns to plasma for very fast cutting. Metalworking Production, January, 1979, str. 78-85.
4. Feld M., Grzesik T.: Próby oceny wpływu gatunku materiału i geometrii ostrza na skrawalność stali Hadfielda przy toczeniu w warunkach warsztatowych. BTN - Seria B, nr 3, PWN, Warszawa-Poznań 1971.
5. Grzesik T.: Warunki obróbki skrawaniem stali Hadfielda. BTN - Seria B, Nr 2, PWN, Warszawa-Poznań 1970.
6. Grzesik T.: Badania wstępne dla oceny wpływu płynów obróbkowych na skrawalność wysokomanganowego staliwa austenitycznego. BTN - Seria B, nr 7, PWN, Warszawa-Poznań 1975.
7. Grzesik T.: Właściwości mechaniczne wysokomanganowego staliwa austenitycznego produkcji krajowej. BTN - Seria B, nr 9, Warszawa-Poznań 1977, PAN.

8. Grzesik T.: Dobór gatunku węglików spiekanych do obróbki zgrubnej wysokomanganowego staliwa austenitycznego. BTN - Seria B, nr 10, PWN, Warszawa-Poznań 1978.
9. Grzesik T.: Próby toczenia wysokomanganowego staliwa austenitycznego z wstępnym podgrzewaniem strefy skrawania. BTN - Seria B, nr 11, PWN, Warszawa - Poznań. 1978.
10. Grzesik T.: Odporność na zużycie elementów ze staliwa Hadfielda obrabianych z podgrzewaniem. BTN - Seria B, nr 15, Warszawa - Poznań 1983, PWN.
11. Grzesik T.: Ekonomiczność obróbki skrawaniem z zastosowaniem dodatkowego podgrzewania łukiem elektrycznym w warunkach określonego zakładu produkcyjnego. Materiały Sympozjum "Naukowe problemy konstrukcji, technologii i eksploatacji maszyn". ATR OW NOT, Bydgoszcz 1977.
12. Kniagin G.: Austenityczne staliwo manganowe PWN, Kraków 1968.
13. Krjanin J.L.: Povyshenie kachestva otlivok iz stali G13L. Masgiz, Moskva 1963.
14. Spur G., Clausen R., Herzke J.: Abtragende Bearbeitung mit dem Plasmastrahl. Annales of the CIRP Vol XIV pp. 447-484 Printed in Great Britain. 1971.
15. Straskov A.N., Tesler S.L., Sabasov S.P., Elinson D.S.: Obrabotka rezaniem trudnoobrabatyvajemych materialov s nagrevom. Masinostroenie, Moskva 1977.
16. Vlasov, Komotov: Litaja vysokomargancovistaja stal. Masgiz, Moskva 1963.

Tadeusz GRZESIK

TRIALS OF IMPROVING THE MACHINING PROPERTIES OF THE HIGHMANGANESE
AUSTENITIC CAST STEEL BY VARIATION MEANS AND CONDITIONS OF MACHINING

Summary

The investigations of improving the machinability of the L120G13 Hadfield cast steel are presented. Machining was carried out with heating

using various methods, as well cooling with liquids and gases. The best effects were obtained during machining with an electric arc heating within the argon shroud. This method has been implemented in industry.