dr inż. Ireneusz BIELSKI
Zakład Technologii Maszyn
ITiEM ATR Bydgoszcz

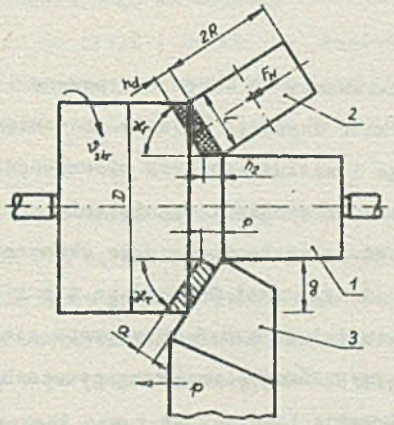
EFEKTYWNOŚĆ OBRÓBKI SKRAWANIEM MATERIAŁU Z UMOCNIONĄ NAGNIATANIEM WARSTWĄ SKRAWANĄ

1. Wstęp

Próby polepszania skrawalności materiałów uznawanych za trudno obrabialne doprowadziły do powstania wielu nowych odmian skrawania. Jedną z takich odmian jest obróbka materiału skrawaniem z umocnioną nagniataniem warstwą skrawaną /UNWS/ [1, 3, 4, 5].

Z obróbki skrawaniem materiału z UNWS /rys.1 / można wyróżnić:

- obróbkę nagniataniem jako obróbkę umacniającą materiał, a więc zmieniającą jego własności mechaniczne, na głębokość h_d,
- obróbkę skrawaniem materiału umocnionego - doprowadzającą do zburzenia spójności materiału.



Rys.1. Schemat skrawania materiału z umocnioną nagniataniem warstwą skrawaną: - 1 - przedmiot obrabiany, 2 - element nagniatający, 3 - narzędzie skrawające, 2R - średnica elementu nagniatającego, F_N - siła nagniatająca.

Dla racjonalnego stosowania tej odmiany skrawania konieczna jest nie tylko znajomość wpływu wstępnego zgniotu na zmiany własności mechanicznych materiałów poddanych skrawaniu, ale także zmian wartości wskaźników skrawalności materiałów z UNWS w stosunku do wartości tych wskaźników uzyskanych podczas skrawania bez UNWS.

Stosunek różnic wartości wskaźników skrawalności przy skrawaniu bez i z UNWS do wartości danego wskaźnika podczas skrawania bez UNWS przyjęto [1, 3, 4, 5] nazywać wskaźnikami efektywności obróbki skrawaniem z UNWS. Za [4, 5] oznaczono je η_p - w odniesieniu do głównej składowej oporu skrawania i η_θ - w odniesieniu do temperatury skrawania lub STE oraz zaproponowano [1] η_A - w odniesieniu do pracy skrawania. Wyrażają je wzory:

$$\eta_\theta = \frac{\theta - \theta_{SN}}{\theta}$$

$$\eta_p = \frac{P_z - P_{zN}}{P_z}$$

$$\eta_A = \frac{A - A_{SN}}{A}$$

gdzie: θ ; P_z, A - wartości uzyskane podczas skrawania bez UNWS,
θ_{SN}; P_{zN}, A_{SN} - wartości uzyskane podczas skrawania z UNWS.

2. Program badań

Z różnych odmian skrawania do badań wytypowano toczenie, jako najczęściej stosowany przykład obróbki. Badania prowadzono podczas toczenia swobodnego promieniowego i wzdłużnego oraz nieswobodnego wzdłużnego. Dla określenia wartości pracy skrawania i nagniatania przeprowadzono modelowe skrawanie swobodne z UNWS na zaadoptowanym do skrawania [2] i nagniatania [1] młocie do badań udarności Charpy'ego typ PSW-30.

Jako podstawowy materiał do badań wytypowano stal stopową kwasoodporną 1H18N9T /według PN-71/H-86020/, uznawaną powszechnie za przedstawiciela stali trudno skrawalnych.

Do badań porównawczych wytypowano stop aluminium do przeróbki plastycznej gatunku PA4T /według PN-79/H-88026/.

Zakresem badań objęto następujące czynniki zmienne: grubość warstwy skrawanej a, siłę nagniatania F_N, zastępczy promień krzywizny przedmiotu ρ.

Jako czynniki stałe przyjęto: skrawanie na sucho, nagniatanie elementem tocznym na powierzchni skrawania oraz ustalono, na podstawie wcześniejszych prób, średnicę elementu nagniatającego 2R = 25 mm. Długość styku

roboczego $l = 3 - 6$ mm.

Naciski jednostkowe nagniatania σ_N przez podobieństwo do naprężeń ściskających σ_c, przyjęto [1] określać jako stosunek siły nagniatania do pola rzutu prostopadłego odcisku walcowego otrzymanego podczas wgłębiania penetratora walcowego.

Przyjęty zakres posuwów 0,04 - 0,34 mm/obr odpowiada posuwom najczęściej stosowanym przy toczeniu badanych materiałów.

Skrawanie z UNWS realizowano przy średnicy przedmiotu obrabianego $D = 90$ mm dla toczenia swobodnego promieniowego oraz $D = 65,7$ mm dla nieswobodnego toczenia wzdłużnego, co pozwoliło na zapewnienie stałej wartości zastępczego promienia krzywizny przedmiotu obrabianego [1] $\rho = 45$ mm

Elementy nagniatające wykonano ze stali ŁH15 o twardości 58 - 62 HRC a narzędzia skrawające ze stali SW18 o twardości HRC $\geqslant 63$.

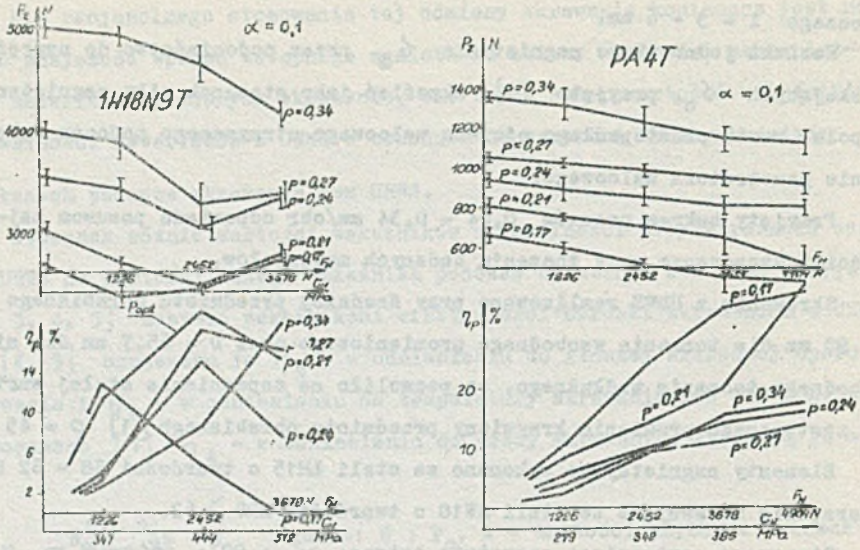
Stosowano następującą geometrię ostrza: $\varkappa_r = 90^\circ$; $\gamma_o = 8^\circ$; $\alpha_o = 12^\circ$; $\lambda_s = 0^\circ$ oraz w próbach toczenia wzdłużnego nieswobodnego $\varkappa_r = 45^\circ$ i $\varkappa'_r = 15^\circ$; $\lambda_s = 0$; $r_s \to 0$.

3. Wyniki badań i ich analiza

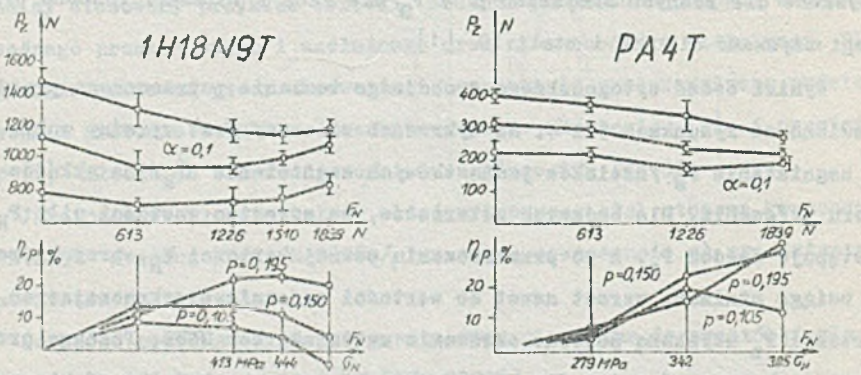
Wyniki badań ortogonalnego swobodnego toczenia wzdłużnego próbek tulejowych przedstawiono na rys.2., na którym przedstawiono zmienność składowej P_z oporu skrawania oraz wartości wskaźnika efektywności obróbki η_p uzyskane dla różnych skojarzeń p i F_N dla PA4T i 1H18N9T. Podobne przebiegi uzyskano dla M58 i stali 20 [1].

Wyniki badań ortogonalnego swobodnego toczenia poprzecznego przedstawiono na rysunkach 3 i 4. Na wykresach widoczny jest wyraźny wpływ siły nagniatania F_N /nacisków jednostkowych nagniatania σ_N/ na składową P_z oporu skrawania. Dla badanych materiałów, że wzrostem wartości siły F_N następuje spadek P_z, a po przekroczeniu pewnej wartości F_N, przy której P_z osiąga minimum, wzrost nawet do wartości znacznie przekraczających wartości P_z uzyskaną podczas skrawania materiału bez UNWS. Podobne przebiegi zaobserwować można dla STE, w związku z czym wskaźniki efektywności obróbki η_e i η_F posiadają w badanym obszarze swoje maximum.

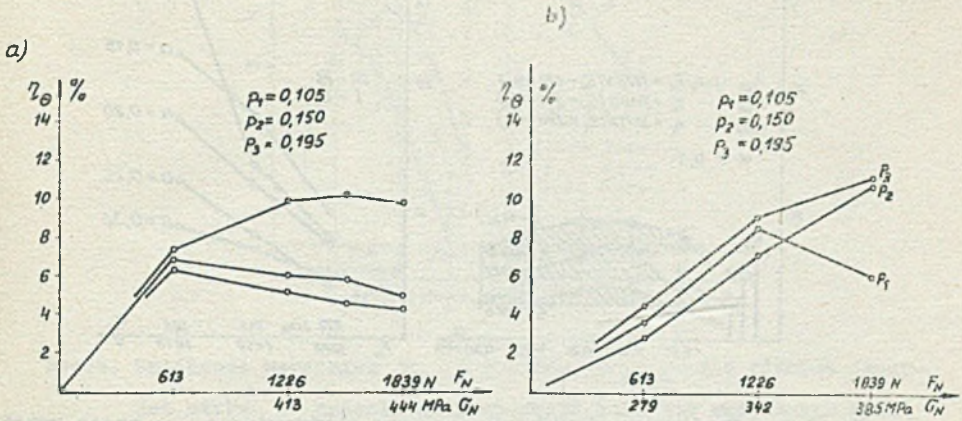
Wyniki badań modelowych pracy skrawania z UNWS /rys.5/ wskazują na to, iż zaobserwowane tendencje zmian dotyczą również pracy skrawania.



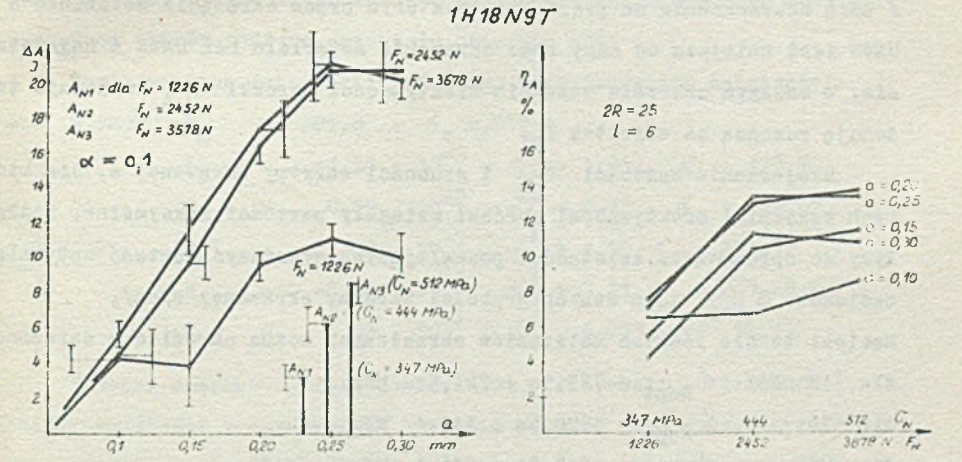
Rys.2. Wyniki badań toczenia swobodnego wzdłużnego; 2R = 25 mm; materiał ostrza SW18; $\alpha_o = 12^o$; $\gamma_o = 8^o$; materiał obrabiany: a/. 1H18N9T; b/. PA4T.



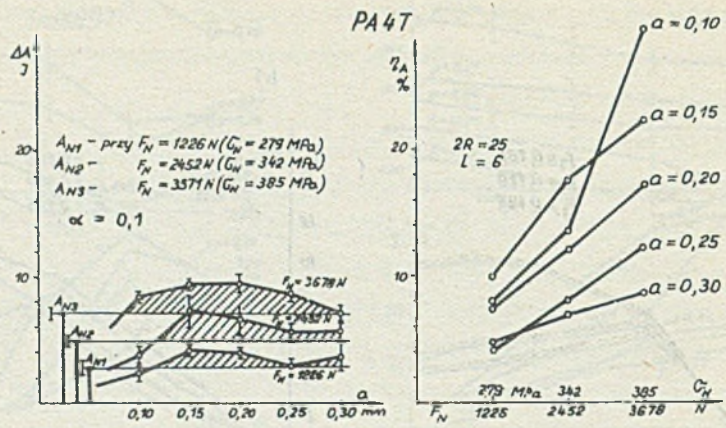
Rys.3. Wyniki badań toczenia swobodnego poprzecznego; 2R = 25 mm; materiał ostrza SW18; $\alpha_o = 12^o$; $\gamma_o = 8^o$; materiał obrabiany: a/. 1H18N9T; b/. PA4T.



Rys.4. Zależność η_e od parametrów nagniatania /toczenie swobodne poprzeczne/; materiał ostrza SW18; materiał obrabialny: a/. 1H18N9T; b/. PA4T.



Rys.5.a. Wyniki badań modelowych pracy skrawania. A_{ni} - praca nagniatania; materiał ostrza SW18; materiał obrabialny: 1H18N9T.



Rys.5.b. Wyniki badań modelowych pracy skrawania. A_{ni} - praca nagniatania; materiał ostrza SW18; materiał obrabialny PA4T.

Wartość różnicy $\Delta A = A - A_{SN}$ zależy od skojarzenia parametrów skrawania i nagniatania.

Stwierdzono, że zwiększanie nacisku prowadzi do rozszerzania zakresu / pola zakreskowane na rys.5.b./, w którym praca skrawania materiału z UNWS jest mniejsza od sumy prac skrawania materiału bez UNWS i nagniatania. W badanym zakresie wskaźnik efektywności obróbki η_A wskazuje tendencję rosnącą ze wzrostem F_N.

Skojarzenia wartości σ_N i grubości warstwy skrawanej a, dla których wskaźniki efektywności obróbki osiągały wartości maksymalne, posłużyły do opracowania zależności pozwalających wyznaczyć wartość optymalnych nacisków σ_{Nopt} dla danych grubości warstwy skrawanej a/mm/.
Naciski te dla różnych materiałów obrabianych można określić z zależności:

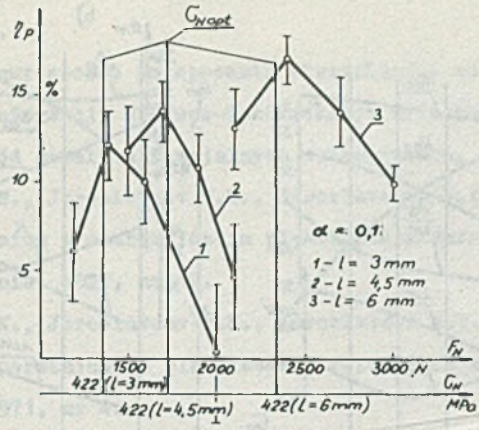
dla 1H18N9T: $\sigma_{Nopt} = 765{,}5a + 261{,}5$ MPa

dla 20: $\sigma_{Nopt} = 1770{,}5a + 114{,}4$ MPa

dla M58: $\sigma_{Nopt} = 517{,}5a + 246{,}4$ MPa

dla PA4T: $\sigma_{Nopt} = 545{,}5a + 295{,}7$ MPa

W próbach toczenia nieswobodnego /rys.6/, realizowanych dla 1H18N9T przy stałej wartości a = 0,21 mm, wskaźnik η_p osiągnął wartości niższe niż podczas toczenia swobodnego, ale wartości maksymalne leżą w pobli-



Rys.6. Zmienność wskaźnika η_p w pobliżu σ_{Nopt} dla różnych długości styku l podczas nieswobodnego toczenia wzdłużnego stali 1H18N9T.

żu σ_{Nopt} wyznaczonych na podstawie badań skrawania swobodnego.

Uzyskane wyniki można wytłumaczyć zmianami własności mechanicznych materiałów pod wpływem zgniotu /rys.7/. Dla określenia wpływu naprężeń ściskających σ_c na własności mechaniczne, próbki z badanych materiałów w postaci wałków poddano ściskaniu osiowemu [1].

Wartości tych zmian obliczyć można z opracowanych zależności:

dla 1H18N9T $R_m = 309,8 \cdot \sigma_c^{0,097}$

$R_{0,2} = -1,33 \cdot 10^{-3} \cdot \sigma_c^2 + 1,84 \cdot \sigma_c - 173,5$

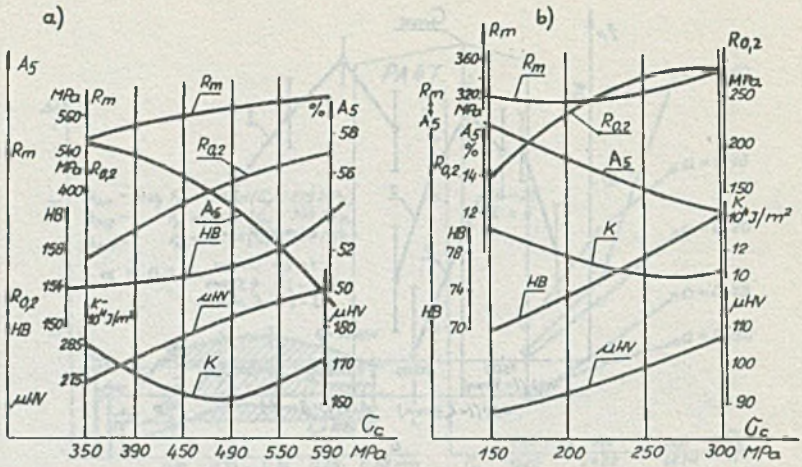
$K = 0,75 \cdot 10^{-3} \cdot \sigma_c^2 + 0,72 \cdot \sigma_c + 445,06$

dla PA4T $R_m = 2,82 \cdot 10^{-3} \cdot \sigma_c^2 - 1,10\ \sigma_c + 424,56$

$R_{0,2} = -5,70 \cdot 10^{-3} \cdot \sigma_c^2 + 3,31\ \sigma_c - 201,69$

$K = 3,83 \cdot 10^{-4} \cdot \sigma_c^2 - 0,203\sigma_c + 36,13$

Podobny charakter zmian zaobserwowano dla stali 20 i M58 [1]. Zmiany własności mechanicznych uzyskane podczas prób statycznych mogą służyć tylko do przybliżonych ocen, jako że podczas prób dynamicznych oraz podczas skrawania materiału z umocnioną nagniataniem warstwą skrawaną zmienia się tak głębokość zalegania tych zmian jak i ich wartość [1, 6, 7].



Rys.7. Wyniki badań wpływu naprężeń ściskających σ_c na własności mechaniczne; a/ dla 1H18N9T; b/. dla PA4T.

4. Wnioski

a. Stosując jako kryterium oceny wskaźniki efektywności obróbki η_A, η_P i η_θ stwierdzono przydatność obróbki skrawaniem z UNWS dla wszystkich badanych materiałów.

b. Zakres efektywnego stosowania skrawania z UNWS uzależniony jest od skojarzenia parametrów nagniatania i skrawania.

c. W celu uzyskania najkorzystniejszych, ze względu na wskaźniki efektywności, wyników, obróbkę prowadzić należy w pobliżu σ_{Nopt}.

d. Efektywność obróbki skrawaniem materiału z umocnioną nagniataniem warstwą skrawaną uzależniona jest od podatności materiału do zmian własności mechanicznych pod wpływem nagniatania.

5. Literatura

1. Bielski I.: Badania procesu skrawania materiału z umocnioną nagniataniem warstwą skrawaną. Praca doktorska. Politechnika Poznańska, Poznań 1982.

2. Chajda J.: Próba uzależnienia wybranych wskaźników skrawalności od udziału perlitu w stalach konstrukcyjnych węglowych. Poznańskie Towa-

rzystwo Przyjaciół Nauk. Praca Komisji Budowy Maszyn. Tom.I, Zeszyt 2, Poznań, 1970.

3. Kulisz H.: Nowy sposób polepszania skrawalności stali kwasoodpornej. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej: Wytwarzanie elementów maszyn ze stopów metali o specjalnych własnościach. Rzeszów, 1975.
4. Podurajev V.N., Jaroslavcev V.M., Jaroslavceva N.A.: Efektivnost obrabotki rezaniem s operezajuscim plasticeskim deformrovaniem. Vestnik masinostrijenia, 1972, nr 12.
5. Podurajev V.N., Jaroslavcev V.M., Jaroslaveva N.A.: Sposób obrabotki rezaniem s operezajuscim plasticeskim deformirovaniem. Vestnik masinostrojenia, 1971, nr 4.
6. Wieczorowski K., Lejwoda A.: Opór P_z oraz chropowatość R_m przy toczeniu stali 1H18N9T poddanej wstępnemu zgniotowi. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej: Wytwarzanie elementów maszyn ze stopów metali o specjalnych własnościach. Rzeszów, 1975.
7. Wachowiak A.: Wpływ prędkości odkształcenia na przemianę martenzytyczną w stali gatunku 18/8. Praca doktorska. Politechnika Poznańska, Poznań 1973.

Ireneusz BIELSKI

PERFORMANCE OF MACHINING OF THE MATERIALS WITH BURNISHING STRNGHTHEND MACHINED LAYER

Summary

The machining properties were investigated of the pre-burnished 1H18N9T steel and of the PA4T light alloy during turning.
The performance indexes are defined in relation to the tangential component of cutting force, cutting temperature, and cutting energy. It is found that in the investigated feed range there existe an optimum burnishing force at which one may achieve the greatest increase of performance indexes. The results obtained are explained by the change of material properties during burnishing.