

FENOMENOLOGIA MECANICĂ ȘI TERMICĂ A AȘCHIERII LA VITEZE MARI

Autori: Melenti Ștefan, Ghenița Ion

Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat: Noțiunea de prelucrare la viteze mari (High Speed Machining) este una ce a suferit schimbări esențiale de-a lungul istoriei și nu se reduce la așchiera la viteze mari. Noțiunea de așchiere cu viteză mare (High Speed Cutting – HSC) se referă exclusiv la viteza de așchiere, iar definirea ei se face în funcție de materialul semifabricatului. Astfel, dacă pentru prelucrarea oțelurilor și a fontelor, vitezele cuprinse între 250 și 750 m/min reprezintă viteze mari de așchiere, pentru aluminiu, aceste viteze sunt cu mult mai mari. La rândul lor, domeniile de viteze diferă în funcție de procedeul de așchiere. Pentru strunjire au fost stabilite următoarele domenii de viteze de așchiere: viteze obișnuite de așchiere – $V < 500$ m/min; viteze mari de așchiere $500 < V < 10000$ m/min; viteze foarte mari de așchiere $V > 10000$ m/min [1].

Cuvinte cheie: viteza mare de așchiere, formarea așchii, forța de așchiere, temperatura de așchiere

Mecanica procesului de așchiere la viteze mari. Mecanica procesului de așchiere la viteze tradiționale este suficient de bine tratată pornind de la teoria plasticității în volume mari. La viteze mari abordarea în baza instrumentelor teoriei plasticității în macrovolume devine nesatisfăcătoare deoarece:

- se manifestă o localizare pronunțată a deformației plastice în fâșii înguste;
- energia termică formată este și ea puternic localizată în aceste fâșii;
- localizarea deformațiilor plastice și a zonelor termice face proprietățile materialului așchiat puternic neomogene;
- localizarea puternică face procesul de așchiere intermitent, astfel existând zone puternic deformate intermediare de zone mai puțin deformate, iar așchiile au forma pronunțată cu zimți;
- existența zonelor cu grad de deformare plastică jos face ca grosimea așchii să fie cu puțin mai mare decât a adaosului, fapt ce elucidează o eficiență energetică mai mare.

Aceste particularități sunt bine demonstrate în figura 1, se vede că la viteze mari se manifestă localizarea pronunțată a deformațiilor în fâșii cu grosimea de cca 2,5 mkm.

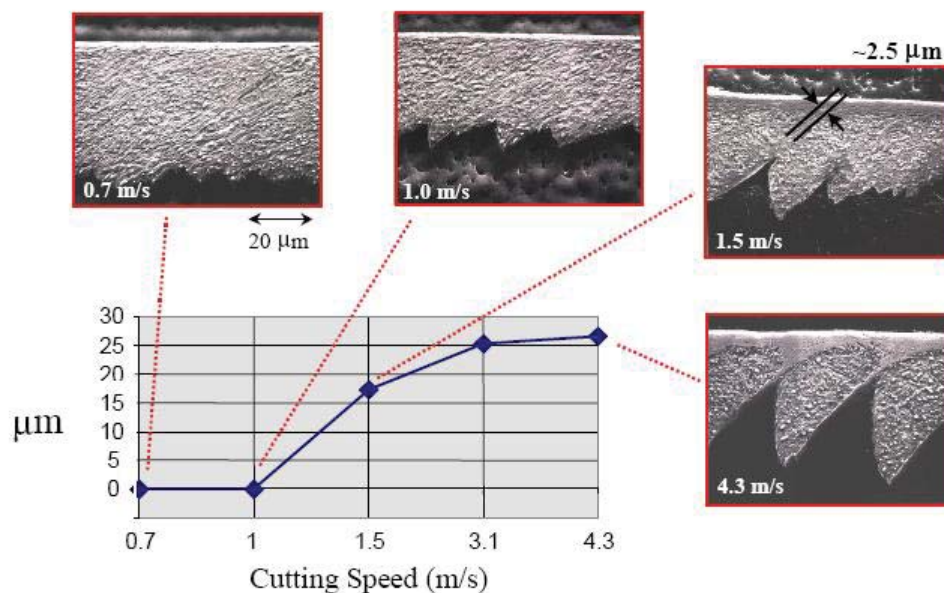


Fig.1. Variația formei secțiunii așchii cu creșterea vitezei de așchiere [2]

Se știe că la așchiera rapidă așchiile continue se transformă în așchii fragmentate. Formarea așchiilor decurge în condiții adiabatice și procesul este influențat nu numai factorul de temperatură – viteză, ca la așchiera simplă, dar și de factorul de timp. Acest factor determină timpul acționării fluxului termic și a temperaturii, viteza încălzirii, gradientul temperaturii și alți factori care caracterizează particularitățile fizice ale așchierii.

Instrumentele moderne de cercetare a mecanicii așchierii în condițiile vitezelor mari se bazează pe metoda elementului finit pentru mediu continuu deformabil. Simularea permite modelarea prelucrării prin așchiere ortogonală de mare viteză ținându-se cont de deformarea plastică, înmuiera termică, dinamica

pronunțată, fenomenele de contact cu frecare extremă, evacuarea căldurii, formarea și dezvoltarea fisurii etc. [3]

La unghiuri de degajare pozitive, deformarea este concentrată într-o zonă primară largă de forfecare și într-un strat limită adiacent sculei (fig. 2). Forfecare localizată nu se observă și morfologia așchiei este relativ omogenă. Fisura care segmentează așchia pornește de la zona de contact cu suprafața de degajare și se propagă prin grosimea așchiei, producându-se astfel ruperea în cele din urmă ei. Alte cercetări au fost realizate pentru unghiuri de degajare negative (fig. 3).

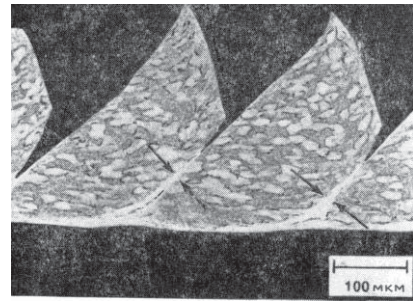


Fig.4 Secțiune așchiilor, oțel aliat XH73MBT10 la viteza de 5 m/s) [5]

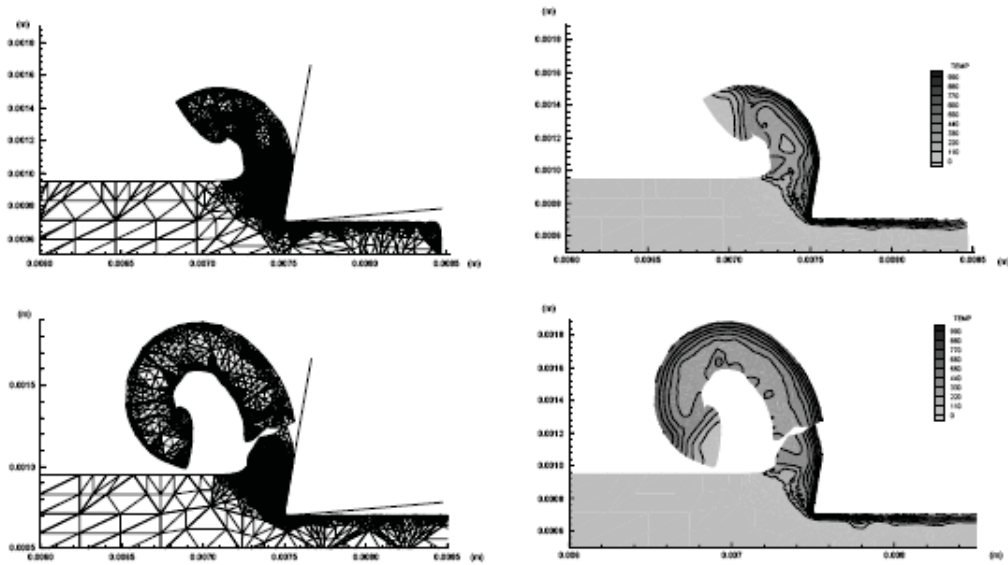


Fig.2. Formarea așchiilor continui și câmpurile termice (30 m/s) [3]

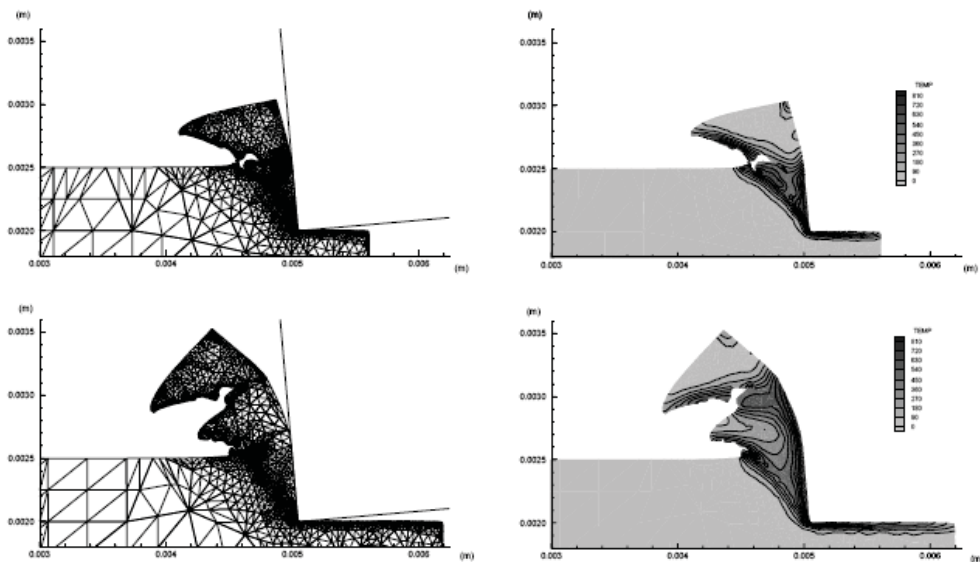


Fig.3. Formarea așchiilor cu efect de localizare și câmpurile termice (10m/s) [3]

Rezultatele modelării prin metoda elementului finit este confirmat experimental studiind structura așchilor în secțiune (fig.4).

În fig. 5 sunt prezentate imagini ce demonstrează evoluția proceselor de localizare a deformațiilor plastice, localizare ce duce la modificarea cardinală a mecanicii procesului de așchiere. Se observă că la viteze tradiționale odată cu creșterea vitezei sunt tot mai pronunțate fenomenele de de localizare, iar la viteză mare așchiile sunt practic separate.

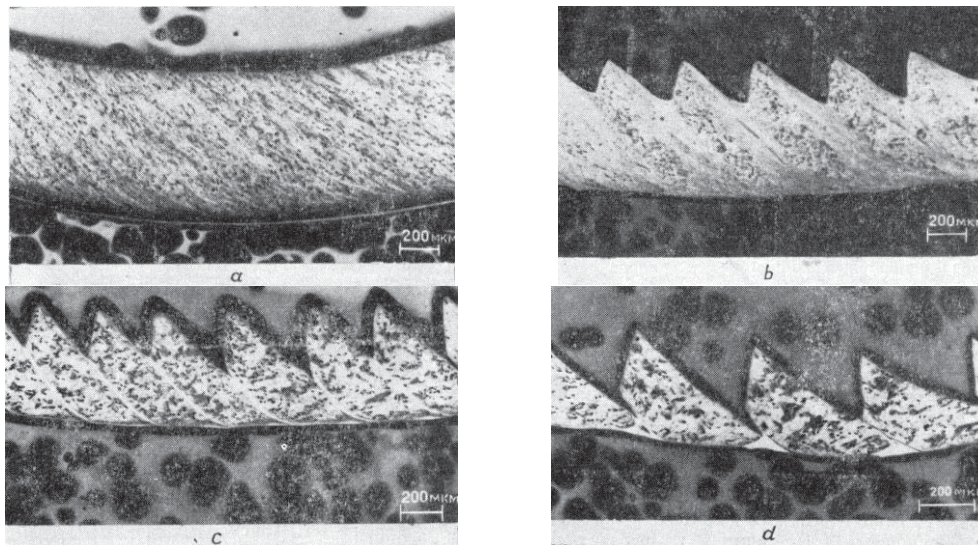


Fig. 5. Evoluția caracterului formării așchiilor la strunjirea oțelului 40XH2MA la vitezele de așchiere: a – 40 m/min, b – 125 m/min, c – 250 m/min, d – 2600 m/min

Coefficientul de scurtare a așchiei care caracterizează gradul de deformare plastică este semnificativ mai mic decât în cazul așchierii tradiționale pentru, practic, toate materialele prelucrate (fig. 6). În unele cazuri el poate fi mai mic decât 1 cu micșorarea în același timp a lățimii așchiei. Unghiul de forfecare este mai mare decât cel obișnuit și atinge 60 grade.

Un astfel de caracter de formare a așchiilor este determinat de particularitățile condițiilor de frecare pe suprafața de degajare, și de particularitățile fizico-mecanice dinamice ale metalului prelucrat și decurgerea microdeformațiilor. La viteze mari de deformare caracteristicile mecanice ale materialului cresc substanțial [4]. Cu toate acestea la creșterea vitezei de așchiere valoarea forțelor de așchiere scade substanțial datorită faptului că volumul deformațiilor plastice este cu mult mai mic și deformațiile plastice sunt localizate în straturi subțiri supraîncălzite. Se observă că pentru oțeluri atingerea vitezei de 10000 m/min plasează procesul în zona efectivă a așchierii la viteze mari, iar pentru aluminiu începând cu viteza de 6000 m/min se manifestă o creștere a forței și se intră în zona neefectivă.

Dependențele indicate în fig. 7 $P_z = f(v)$ confirmă opinia despre aceea că, pentru materiale mai rezistente minimum forței de așchiere se va deplasa în partea vitezelor mari de așchiere, deoarece în cazul dat nivelul forțelor de așchiere este mai înalt și componenta de inerție începe să influențeze la viteze mai mari.

Variația forțelor de așchiere (responsabilă în mare măsură de apariția vibrațiilor) odată cu creșterea vitezei depinde de proprietățile materialului prelucrat, de mecanismul formării așchiilor și de nivelul forțelor de inerție a așchiilor. În condițiile de așchiere obișnuite această variație este neînsemnată, iar la viteza de așchiere suprarapidă face până la 30-50% de la P_z .

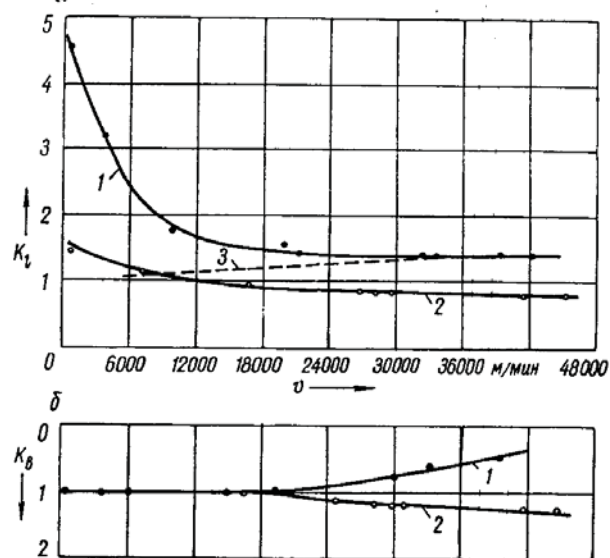


Fig. 6. Influența vitezei de așchiere asupra coeficienților de contracție (a) și de lărgire (b) al așchiei: 1 – aluminiu $\gamma=-15^\circ$, 2 - aluminiu $\gamma=45^\circ$, 3 – oțel 50 $\gamma=0^\circ$

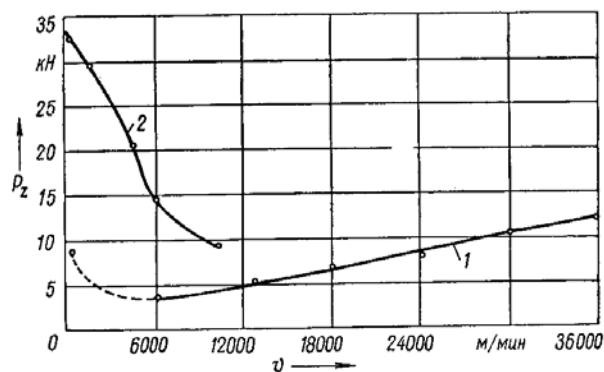


Fig. 7. Dependența forței de viteza de așchiere: 1 – aluminiu, 2 - oțel

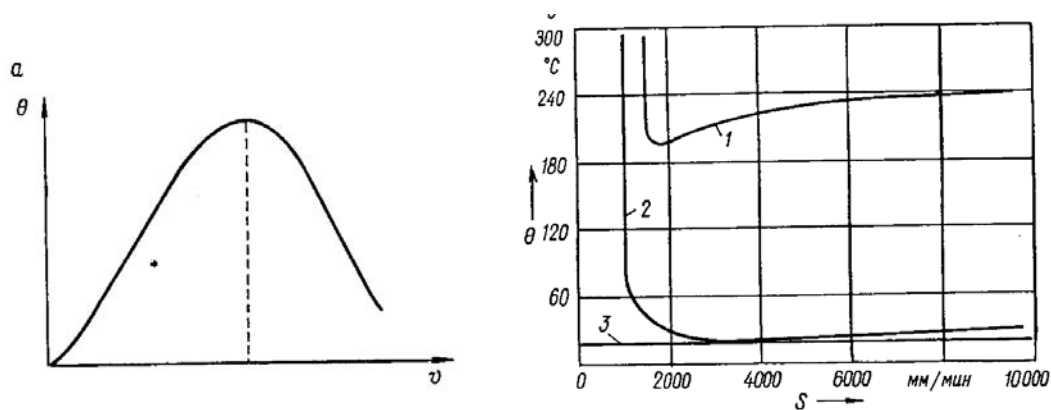


Fig. 8. Influența vitezei de aşchiere asupra temperaturii aşchierii

Temperatura în zona aşchierii la viteze mari. La viteze mari de aşchiere, începând cu o anumită valoare critică V_{kr} , are loc micşorarea temperaturii. Aceasta se explică prin aceea, că începând cu valoarea critică a vitezei de aşchiere se observă localizarea deformaţiei plastice în volume mici şi încălzirea intensivă a straturilor de contact, ce aduc la micşorarea forţelor de frecare.

În fig. 8 este arătat că la $t = 3$ mm, viteza de avans de cca 1500 mm/min şi la viteza de aşchiere de 4700 m/min temperatura aşchiilor atinge temperatura de topire a metalului. Aceasta aşchie posedă aşa nivel de energie termică că, imediat după apariţie se poate suda la suprafaţa metalului. Odată cu creşterea vitezei de avans la 2500...3000 mm/min, temperatura în zona aşchierii scade. În consecinţă, temperatura semifabricatului se ridică la cu 10°C mai mare decât cea a camerei. Aproape toată cantitatea de căldură apărută în procesul aşchierii se înlătură împreună cu aşchiile, temperatura căroră fiind de cca 240°C.

Bibliografie

1. Pasko, R. - Przybylski, L. & Slodki, B. High speed machining (hsm) – the effective way of modern cutting. International Workshop CA Systems And Technologies. Disponibil la: http://fstroj.utc.sk/journal/eng1/papers/034_2002.pdf
2. M.A. Davies, T. J. Burns, T. L. Schmitz. High-Speed Machining Processes: Dynamics on Multiple Scales. Disponibil la: <http://astakhov.tripod.com/MC/davis-mach1.pdf>
3. T. D. Marusich, M. Ortiz. Modelling and Simulation of High-Speed Machining. Disponibil la: <http://www.ortiz.caltech.edu/~ortiz/Pubs/1995/MarusichOrtiz1995.pdf>
4. Novatchii V. K. Volnovye zadaci teorii plasticnosti. M.: Mir, 1978 – 304 p.
5. Погонин А. А., Москвитин А.А. Механизм стружкообразования при сверхвысокоскоростной обработке (СВСО) металлов и сплавов