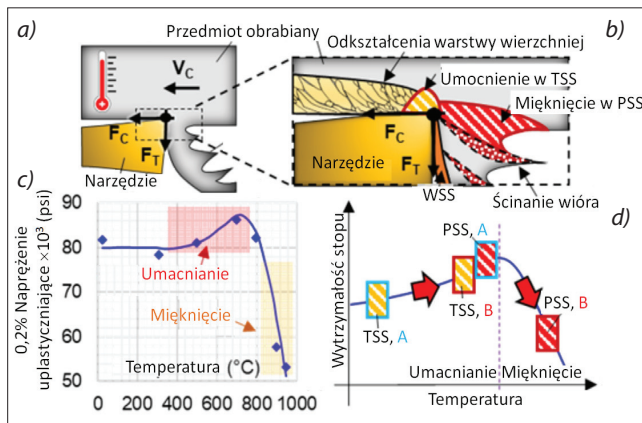


## Czy wyższe prędkości skrawania i temperatury mogą poprawić mikrostrukturalną jakość warstwy wierzchniej nadstopów niklu?

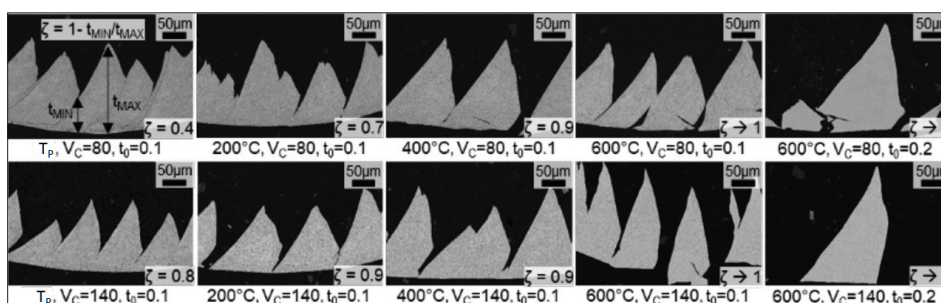
Superstopy niklu utrzymują doskonałe właściwości mechaniczne w wysokich temperaturach, co przekłada się na znaczne wyzwania w obróbce skrawaniem. Tu wykazano, że obróbka tych materiałów może być korzystna przy zwiększonych prędkościach skrawania i temperaturach, pod warunkiem że są one w stanie stymulować lokalizację ścinania i zmęczenie termiczne w strefach deformacji wióra z zachowaniem wysokotemperaturowej wytrzymałości w powierzchni obrabianej.

Kontrolowane podgrzewanie przedmiotu obrabianego (rys. 1a–b) stosuje się w celu jego zmęczenia w strefach ścinania wióra, przy jednoczesnym wykorzystaniu temperatury do umocnienia obrabianej powierzchni (rys. 1d).

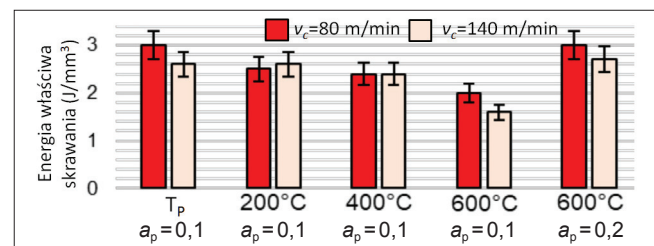
Zwiększanie temperatury początkowej przedmiotu ( $T_0$ ) od pokojowej ( $T_p$ ) do 600°C przy stałej głębokości skrawania  $a_p = 0,1$  mm powodowało spadek sił skrawania zarówno przy małych ( $v_c = 80$  m/min), jak i dużych prędkościach ( $v_c = 140$  m/min). Jak widać na rys. 2, przy stopniowym zwiększaniu  $T_0$  tworzą się coraz bardziej ząbkowane wióry, przy czym podgrzewanie ma dominujący wpływ przy niskich prędkościach, podczas gdy przy wyższych ścinanie wióra jest dodatkowo wzmacniane przez prędkości skrawania, gdy ząbkowanie występuje nawet bez podgrzania. W rezultacie energia zużyta na ścinanie wióra w pierwotnej strefie ścinania (PSS) jest rozpraszana na mniejsze objętości wióra, co



Rys. 1. (a) Tworzenie się wiórow i (b) szczegóły strefy ścinania dla wstępnie podgrzanego przedmiotu; (c) naprężenie uplastyczniające nadstopu Ni z 40% zawartością g'; (d) strategia skrawania ze zmęczeniu w pierwotnej strefie ścinania (PSS) i wzmocnieniem w trzeciorzędnej strefie ścinania (TSS)



Rys. 2. Morfologia wiórow w różnych termomechanicznych warunkach skrawania



Rys. 3. Energia właściwa skrawania przy niskiej i wysokiej prędkości skrawania

sprzyja powstawaniu lokalnych warunków mięknienia i zmniejszeniu sił skrawania.

Zwiększenie głębokości skrawania przy dużym podgrzewaniu przedmiotu ( $a_p = 0,2$  mm,  $T_p = 600^\circ\text{C}$ ) spowodowało wzrost sił skrawania, ale – co ciekawe – bez przekroczenia poziomów uzyskanych bez podgrzania ( $a_p = 0,1$  mm,  $T_0 = T_p$ ). Wzrost sił jest więc łagodzony przez wyższe temperatury podgrzewania poprzez stymulowanie lokalizacji ścinania, jak wskazuje bardzo wysoki poziom ząbkowania pokazany na rys. 2. Tak więc, mimo że wyższe temperatury podgrzewania wymagają ogólnie niższych ilości energii skrawania (rys. 3), są one korzystnie powiązane z dużo wyższymi gęstościami energii w PSS, ponieważ mikroskalowe odkształcenia wiórow coraz bardziej lokalizują się w węższych regionach ścinania, odpowiedzialnych za wyższe ząbkowanie. Zachowanie to jest dodatkowo wspierane przez wyższe prędkości skrawania, zwłaszcza przy wyższych temperaturach podgrzania ( $T_p = 600^\circ\text{C}$ ), gdzie połączenie tych efektów prowadzi do najniższego zużycia energii (rys. 3).

Opracował: prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak

### LITERATURA

Monaca Andrea Ia, Liao Zhirong, Axinte Dragos A., M'Saoubi Rachid, Hardy Mark C. "Can higher cutting speeds and temperatures improve the microstructural surface integrity of advanced Ni-base superalloys? *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. 71 (2022): 113–116, <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2022.04.061>.

Rys. 2. Morfologia wiórow w różnych termomechanicznych warunkach skrawania