

В.С. Северилов, О.М. Северилова

ПРО ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБКИ ВИСОКОЛЕГОВАНИХ ПОЛІПШЕНИХ СТАЛЕЙ НА ПРИКЛАДІ ЗУБООБРОБКИ

В роботі розглядається практичні та теоретичні проблеми поліпшення оброблюваності сталей, які використовуються для виготовлення деталей машин у так званому "північному виконанні" на прикладі зубообробки.

Проблема виникла при виготовленні машин у так званому "північному варіанті" та їх експорту в держави, де можливі зниження зимових температур за позначку $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

За таких умов деталі, виготовлені із звичайних конструкційних матеріалів, істотно (а інколи і повністю) втрачають вихідні експлуатаційні характеристики за рахунок падіння параметрів пластичності до кулевих величин (зокрема ударної в'язкості та втомленої міцності).

Це змусило підприємства провести тотальну заміну матеріалів деталей на високолеговані поліпшені сталі хромонікелемолібденової групи (40 ХМ, 35 ХНМ та інші), які, маючи показник $a_n = 1200 - 1600\text{ кдж/м}^2$ при $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, зберігають 30–40 % номіналу при особливо низьких (критичних) температурах, що гарантує працездатність машин за таких несприятливих умов.

Але при механічній обробці таких сталей (зокрема фасонному точінні, особливо зубофрезеруванні та інших) було зафіксовано катастрофічне падіння оброблюваності та зниження режимів різання інколи в декілька разів. Якщо до цього додати, що весь технологічний ланцюжок додатково суттєво подорожчав за рахунок заміни багатьох операцій задля повного виключення концентраторів напружень, то природно, що в умовах сталої ціни та собівартості таке падіння продуктивності було неприпустимим.

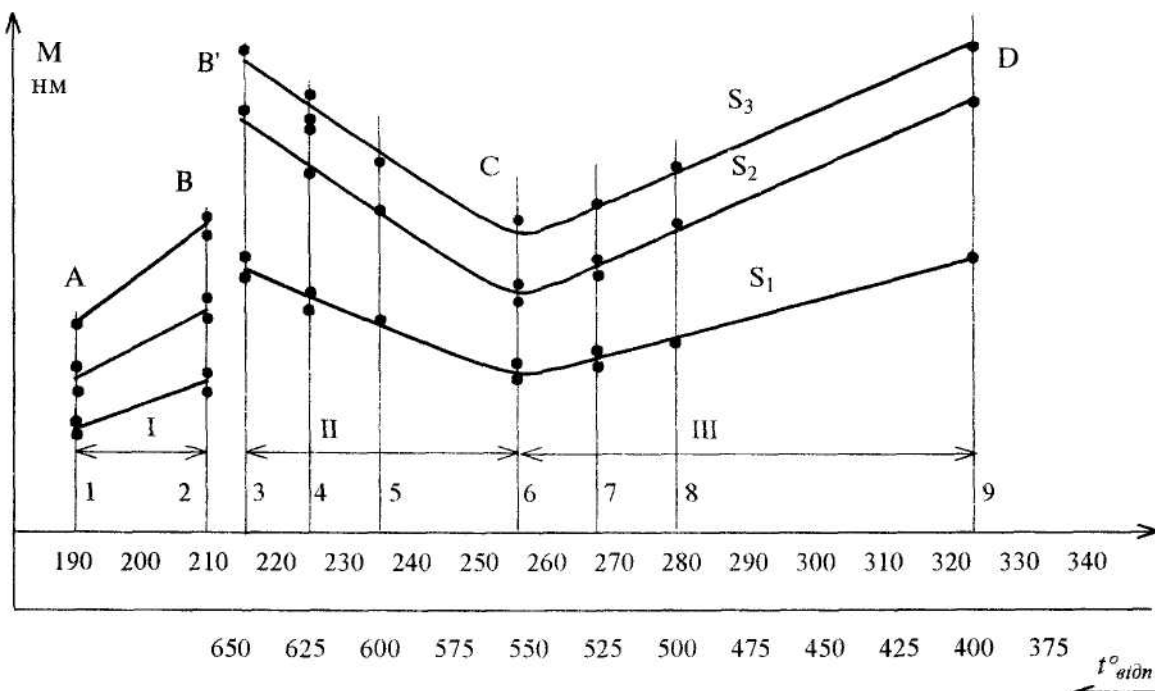


Рис. 1. Залежність оброблюваності високолегованих сталей типу 40ХНМ, 40ХМ від температури відпуску при зубофрезеруванні: I – зона нормалізованих сталей; II, III – зони поліпшених сталей

Зауважимо, що повторний відпуск на попередній температурі (на вимоги обробних цехів), додатних наслідків не дав, і часто-густо оброблюваність ще більше погіршувалась, бо в основі цього явища лежать не помилки термічної обробки, а більш вагомі внутрішні чинники. Як показали дослідження авторів, у межах цієї групи сталей (на відміну від звичайних вуглецевих) не діє закономірність приблизно монотонного зв'язку між твердістю (НВ) та

зусиллям різання у діапазоні всього ланцюга термічних обробок, які практично використовуються для зміни тих, чи інших механічних характеристик сталей, у послідовності відпал → нормалізація → поліпшення → гартування.

Якщо для вуглецевих сталей точки А, В, В', С і D лежать приблизно на одній прамій (рис. 1), що, власне, і свідчить про монотонне зростання зусилля різання з підвищенням твердості при термообробці, то для сталей групи, що розглядається, маємо дещо іншу картину.

При переході від нормалізованих (зона I) до поліпшених структур (зона II) спостерігається розрив функції $P_z(M) = f(HB)$ у точці В та стрибкоподібне зростання величини зусилля різання $P_z(M)$ (точка В' на рисунку), десь приблизно, у півтора рази; природно, що в аналогічному співвідношенні збільшується рівень пластичної деформації при різанні та погіршуються показники оброблюваності.

Місце розриву функції $P_z(M) = f(HB)$, В → В', відповідає параметрам $HB \approx 215$, $t_{відп.} \approx 650$ °С з деяким розсіюванням, пов'язаним з конкретним хімічним складом сталі у межах групи.

При практичному збігу показників твердості та міцності на заготовках 2 та 3, на останній стрибкоподібно збільшується пластичність і особливо показник "а_n" (табл. 1).

Таблиця 1

S	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	HB = 190		HB = 210		HB = 215		HB = 190		HB = 190		HB = 190		HB = 190		HB = 190		HB = 190	
MH / об	M ₁	%	M ₂	%	M ₃	%	M ₄	%	M ₅	%	M ₆	%	M ₇	%	M ₈	%	M ₉	%
1,0	25,7 29,2	73	36,8 40,0	100	52,4 54,6	148	45,8 49,8	135	47,0 127	37,3 40,2	109	42,1 44,6	121	48	130	59	161	
1,67	38,0 45,0	74	57,0 60,7	100	91,0 92,0	150	81,2 83,1	134	76,0 125	57,0 63,4	104	63,7 69,5	113	75	124	94,6	156	
2,0	53,0 54,0	74	70,9 73,1	100	109,5 110,0	150	93,7 97,8	134	90,0 123	85,0 72,0	107	86,6 87,7	120	92	126	113	155	

У таблиці 1 наведено середній крутячий момент у ньютон-метрах при зубофрезеруванні дев'яти експериментальних заготовок при різних подачах: база порівняння (100 %) – дані заготовки 2 (сталь нормалізована), на вузлових точках дані дубльовані.

Але "незвичайна" поведінка цієї групи сталей при обробці не лише в зазначеному вище факті, а і в тім, що при подальшому зростанні твердості у межах $HB = 215 - 250$ (з відповідним зниженням температури відпуску з $t \approx 650$ °С до 550 °С), зона II, має місце зворотне явище, поступово знижується зусилля різання $P_z(M)$, а оброблюваність поліпшується (лінія В'С на рисунку, заготовки 3, 4, 5, 6).

З точки зору кінетики механічних властивостей, у зоні II (заг. 3, 4, 5, 6) продовжується поступове підвищення твердості та міцності (підтверджується загальна тенденція) та відповідне зниження параметрів пластичності сталей.

Така "незвичайна" поведінка означеної групи сталей має велике практичне значення для виробництва: задля оптимізації режимів різання та поліпшення оброблюваності зовсім необов'язково завищувати температуру відпуску до граничних позначок ($t_{відп.} \approx 650$ °С), як це діється зараз у виробництві, де інколи робиться навіть повторний відпуск на вимогу обробних цехів, а навпаки дещо знижувати, відшукуючи експериментально оптимальну комбінацію пластичних та міцносних параметрів, які б задовольняли виробництво за режимами обробки та експлуатації по кінцевим (зокрема залишковим при -40 °С) показникам пластичності.

Практика показала, що такий оптимум є, а деяке зниження параметрів пластичності практично не впливає на а_n при -40 °С.

Зауважимо, що після підвищення твердості до позначок $HB = 250 - 260$ монотонність функції $P_z(M) = f(HB)$ відновлюється (лінія CD, зона III, заготовки 6, 7, 8, 9) і сталь немовби "згадує", що вона повинна підлягати загальній закономірності.

Ці особливості термічної та механічної обробки групи високолегованих та поліпшених сталей групи ХНМ повинні знати конструктори та технологи при проектуванні та виготовленні особливо відповідальних деталей машин, зокрема і у "північному варіанті".

Це опис зовнішнього боку явища, яке природно зумовлюють визначені фізичні чинники, тому зробимо деякі узагальнюючі теоретичні висновки, а саме:

1. Лінії В'С (зона II), та CD (зона III) у графічному нарисі умовно інтерпольовані як прямі, та детальна обробка осцилограм показала, що реальна функція $P_z(M) = f(HB)$ ближче до параболи з дуже малою кривизною, зокрема:

$$M_{сер.} = \frac{C_1}{\left(\frac{HB}{225}\right)^{1,8}}, \text{ зона II};$$

$$M_{сер.} = C_2 \cdot \left(\frac{HB}{225}\right)^{1,9}, \text{ зона III},$$

де C_1 та C_2 – константи, залежні від модуля та інших сталих експерименту.

2. Максимальні величини характеристик пластичності припадають на експериментальну заготовку 3 ($HB = 215$, $t_{відп.} \approx 650$ °С, а саме: $a_n = 1100$ кДж/м²; $\psi = 59,4$ %; $\delta = 22$ %), метал якої має мікроструктуру зернистого (точічного) перліту високої дисперсності (сорбітоподібного). Для порівняння – нормалізована заготовка 2 при практично рівній твердості $HB = 210$ (пластинчастий перліт) має суттєво нижчі показники a_n , ψ та δ , а це і є місце розриву монотонності функції $Pz(M) = f(HB)$, точка В → В'.

Це пояснюється тим, що у пластинчастому перліті пластини цементиту виконують роль таких тріщин, які сприяють процесу руйнування (у даному випадку різанням), та коли ці частини мають форму зерен високої дисперсності, рівномірно розповсюджених у масі фериту металу, сталь має підвищену пластичність і відповідно погану оброблюваність різанням.

3. Якщо умовно продовжити лінію CD у зону I, то точки А, В, С, D опиняться приблизно на одній прямій, що є додатковим доказом того, що зусилля різання та твердість у загальному випадку (принаймі для звичайних вуглецевих сталей) однозначно пов'язані пропорційною залежністю, а показники зусилля різання при обробці заготовок 3, 4, 5, 6 (зона II) ніби випадають з означеної закономірності. В цьому і є особливість оброблюваності високолегованих поліпшених хромонікелемолібденових сталей.

Усі висновки та практичні рекомендації підтверджені при різноманітних комбінаціях навантажень (модуль, подач) у діапазоні практичних режимів зубофрезерування, зокрема на рисунку: $S_1 = 1$ мм/об; $S_2 = 1,67$ мм/об; $S_3 = 2$ мм/об.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Прейс Г.А. Технологія металів. – К.: Техніка, 1967 р.
2. Прейс Г.А. Технологія конструкційних матеріалів. – К.: Вища школа, 1994 р.
3. Сологуб М.А. Технологія конструкційних матеріалів. – К.: Вища школа, 1994 р.
4. Гинберт А.М. Технология важнейших отраслей промышленности. – М.: Высшая школа, 1986 г.

СЕВЕРИЛОВ В'ячеслав Степанович – кандидат технічних наук, доцент, в. о. професора кафедри “Технологія машинобудування та конструювання технічних систем” Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

– зубообробка та редукторобудування.

СЕВЕРИЛОВА Олена Миколаївна – асистент кафедри “Технологія машинобудування та конструювання технічних систем” Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

– дослідження в галузі конструювання машин та інструменту.