

С. Є Шейкін., д.т.н., професор, завідувач відділу,
 І. Ю. Ростоцький, к.т.н., старший науковий співробітник,
 В. С. Гаврилова, к.т.н., старший науковий співробітник,
 О. А. Микищенко, молодший науковий співробітник,
 Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України

ОДЕРЖАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО МАСТИЛА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ВНУТРІШНІХ ПАЗІВ В ТРУБЧАСТИХ ВИРОБАХ ДЕФОРМУЮЧИМ ПРОТЯГУВАННЯМ

Деформуюче протягування (ДП) (дорнування) – процес обробки отворів в деталях методом холодного ступінчастого пластичного деформування. В залежності від технологічних умов ДП контактний тиск в зоні взаємодії інструменту та оброблюваного виробу може сягати $9\sigma_T$ (σ_T – границя плинності) оброблюваного металу.

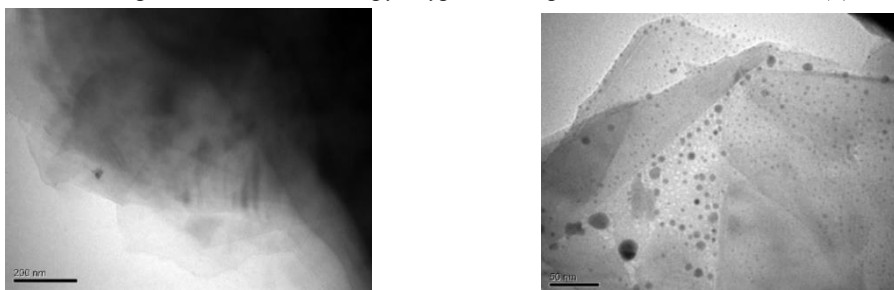
За цих умов реалізація процесу ДП можлива лише при використанні технологічних мастил (ТМ), які подаються в зону деформації на контактуючі поверхні інструменту та заготовки. ТМ в комплексі з оксидними плівками створює проміжне тіло, яке запобігає схоплюванню інструменту з оброблюваним матеріалом. При наявності розділової мастильної плівки деформація металу відбувається за участю ТМ.

Метою даної роботи було одержання ефективного технологічного рідкого мастила для обробки деталей із конструкційних легованих сталей методом ДП на основі встановлення особливостей структуроутворення отриманих матеріалів з використанням електронної мікроскопії та визначення впливу введення антифрикційного наповнювача та наноструктурного компонента на коефіцієнт динамічної в'язкості мастила.

До мастильної зв'язувальної основи, сформованої з органічних сполук, вводили наноструктурні неорганічні компоненти [1], а також антифрикційний наповнювач (в даній роботі використали колоїдний графіт). Введення наноструктурних складників забезпечує рівномірний розподіл частинок зв'язувальної основи за рахунок протидії їхній агломерації.

За одночасного введення наноструктурних компонентів та антифрикційних наповнювачів спостерігається зміна в характері агрегації та розподілу останніх в органічній основі. Порівняння композиції без додавання наноструктурного складника (рис. 1 а) з системою, яка містить добавки такого складника (рис. 1 б), вказує на рівномірне розташування останнього відносно частинок антифрикційного наповнювача та сприяння в створенні більш «розпушеної» структури за рахунок ексфолюації шарів наповнювача. Формування такої структури може сприяти позитивним змінам антифрикційних властивостей за рахунок покращення взаємного ковзання шарів наповнювача під час дії великих зсувних напружень.

Рис. 1. ТЕМ-зображення структури частинок антифрикційного наповнювача в мастильній композиції без (а) та при додаванні наноструктурного неорганічного компонента (б)



Одночасне введення наноструктурних неорганічних компонентів і антифрикційних наповнювачів впливає також на в'язкість рідкого мастила. Для визначення динамічної в'язкості β було проведено реологічні вимірювання трьох зразків мастила (табл.). Вимірювання проводили на ротаційному реометрі моделі AR 2000 в режимі течії в діапазоні швидкостей зсуву $1,25-125 \text{ c}^{-1}$ за температур 20, 40, 60, 80, 100 °С.

Введення добавок до рідкого мастила найбільш суттєво змінює в'язкість за кімнатної температури, причому одночасне додавання антифрикційного наповнювача і наноструктурного компонента її підвищують (рис. 2). В той же час підвищення температури веде до зменшення в'язкості всіх зразків мастила, а також до зближення їхніх значень за високих температур.

Одержані температурні залежності описуються рівнянням Арреніуса $\beta = \beta_0 \exp(E_a/RT)$, де β_0 – передекспоненційний множник, який не залежить від температури, E_a – енергія активації процесу течії, R – універсальна газова стала. В таблиці наведено значення β_0 та E_a для досліджених мастил.

Таблиця. Склад та характеристики динамічної в'язкості рідких мастил

№ зразка	Склад	β_0 , Па·с	E_a , кДж/моль
1	Мастильна зв'язувальна основа	$4,38 \cdot 10^{-9}$	56,38
2	Мастильна зв'язувальна основа + антифрикційний наповнювач	$7,80 \cdot 10^{-8}$	48,83
3	Мастильна зв'язувальна основа + наноструктурний неорганічний компонент + антифрикційний наповнювач	$1,782 \cdot 10^{-5}$	36,02

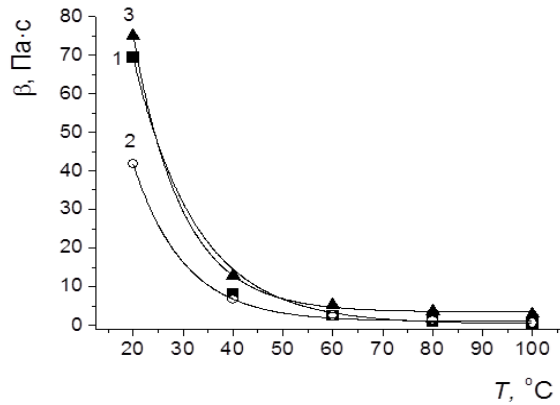


Рис. 2. Залежність коефіцієнта динамічної в'язкості рідких мастил від температури: 1 – 3 склад мастил (див. табл.)

Наведені дані показують, що введення наноструктурного компонента в поєднанні з антифрикційним наповнювачем досить суттєво змінює характер температурної залежності коефіцієнта динамічної в'язкості мастила: передеспоненційний множник збільшується на 4 порядки, а енергія активації зменшується в 1,5 рази, тобто ця операція приводить як до значного збільшення температурно незалежного коефіцієнта в'язкості, так і до суттєвого зменшення впливу температури на в'язкість мастила.

Це означає, що сформований в мастилі структурний каркас з наночастинок є досить міцним і забезпечує можливість ефективної експлуатації розробленого мастила за більш високих температур. Характер взаємодії та взаємного розташування компонентів системи також сприяють посиленню антифрикційних властивостей розробленого мастила за рахунок покращення взаємного ковзання шарів наповнювача під час дії великих зсувних напружень.

Було проведено обробку внутрішніх складнопрофільних отворів в деталях зі сталі 38Х2МЮА (*HRC* 29...30), діаметром 29,4 мм. Вихідні значення шорсткості за параметром *Ra* становили 3,41 мкм.

Визначено вміст колоїдного графіту в мастилі, який дозволив провести обробку без ознак схоплювання (табл., зразок 2), та забезпечив необхідну шорсткість поверхні. На виступах профілю *Ra* 0,506...0,783 мкм, на западинах *Ra* 0,239 мкм.

При цьому загальна осьова сила становила 274 кН. Для зменшення сили тертя необхідно підвищити адгезію мастила до металу та покращити взаємне ковзання шарів наповнювача під час дії великих зсувних напружень. Це досягається за рахунок введення до описаної вище мастильної композиції наночастинок органосиланів (зразок № 3).

При використанні зразка мастила № 3 зі структурючим агентом (наночастинками) значення шорсткості по виступах (*Ra* 0,603 мкм) і западинах (*Ra* 0,108 мкм) були нижчими, ніж при використанні зразка мастила № 2, а загальна осьова сила становила 210 кН, тобто введення до мастильної композиції наночастинок дозволило знизити на 23 % силові параметри процесу.

Таким чином, запропоновано мастильну композицію, яка під час обробки ДП для формування круглих та складнопрофільних внутрішніх поверхонь деталей сталей 38Х2МЮА, дозволяє знизити осьове навантаження на 23 % та отримати оброблену поверхню на рівні 10-11 класу.

Література:

1. Пат. на винахід 107527 Україна, МПК, С10М 175/00 С08L 63/00. Антифрикційний матеріал для холодної обробки металів тиском / В.С. Гаврилова, В. М. Михальчук, С. В. Жильцова, Т. І. Григоренко, І. Ю. Ростоцький, С. Є. Шейкін, Є. О. Пашенко, О. М. Кошкін; заявник і патентовласник – Інститут надтвердих матеріалів НАН України. Заявл. 24.07.13. Опубл. 12.01.2015. Бюл. № 1.