

В.О. Муровський, дир.
ДМП "Алмаз інструмент" концерну "Алкон", м. Київ
В.Т. Федоренко, інж.
Інститут надтвердих металів ім. В.М. Бакуля НАН України

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА ІНСТРУМЕНТУ З НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ НА ПРИКЛАДІ КРУГІВ ФОРМИ 11V9

На прикладі круга з надтвердих матеріалів форми 11V9 100x3x10 зроблена спроба знайти можливі шляхи покращити якість та зменшити собівартість інструменту з надтвердих матеріалів із метою збільшити конкурентноздатність вітчизняної продукції.

Умови сучасного виробництва інструменту з надтвердих матеріалів диктують жорсткі умови до виробників, як в плані якості, так і в плані собівартості продукції, яка виробляється. Це викликано конкуренцією з боку відомих європейських фірм-виробників, які активно вторгаються на український ринок. Круг форми 11V9 (рис. 1) тільки один із широкої номенклатури інструментів із надтвердих матеріалів, представлених в державних стандартах. Але на прикладі цього виробу зроблена спроба знайти можливі резерви, з метою зробити продукцію, яка виробляється нашими підприємствами, конкурентноздатною. Необхідно зазначити, що ціни на вітчизняні круги форми 11V9 нижчі ніж на аналогічні вироби німецьких фірм "Вінтер", "Вальтер", "Ріггер", що можна пояснити не високим рівнем їх виробництва, а низьким рівнем оплати праці робітників та інженерно-технічного персоналу.

Не дивлячись на низькі ціни на круги українських виробників, при розробці технології виготовлення кругів форми 11V9 брався до уваги не тільки фактор якості, але і собівартості продукції. Зниження затрат на матеріали, електроенергію, підвищення продуктивності праці можуть стати важливими чинниками для збільшення заробітної плати робітників заводів.

Круги форми 11V9, які в даний час виробляються на полтавському заводі алмазного інструменту, дослідному виробництві ІНМ Національної Академії наук України, не можуть успішно конкурувати з подібними виробами вже згаданих європейських фірм, насамперед через їх низьку якість.

Вирішуючи питання собівартості, нами були проаналізовані витрати на виготовлення кругів із надтвердих матеріалів, що дало можливість виявити статті калькуляції, які можна зменшити. На наш погляд, це такі статті: витрати на виготовлення корпусу круга; витрати на електроенергію; витрати на заробітну плату. Зупинимось на цих статтях більш ретельно.

Корпуси кругів із надтвердих матеріалів зазвичай виготовляють з таких матеріалів:

1. Алюмінієвого прокату.
2. Конструкційної та легованої сталі.
3. Керамічних матеріалів.
4. Алюмінієвого литва.
5. Пластичних мас.
6. Композитних матеріалів.

Дослідження, в свій час проведені в Інституті надтвердих матеріалів АН України Шепелевим О.А., Лавріненком В.І., Петасюком Г.А., Петасюк О.У., Федоренком В.Т. [1], дають підстави стверджувати, що, з точки зору експлуатаційних якостей, найкращі характеристики мають алюмінієві корпуси. Це пояснюється їх достатньо високою жорсткістю та теплопровідністю, що дуже важливо в умовах роботи алмазного інструменту без використання охолоджуючих рідин. Недоліком корпусів з алюмінієвого прокату є їх висока вартість (рис. 2).

Стальні корпуси мають нижчу теплопровідність порівняно з алюмінієвими, але в них вища осьова жорсткість. Остання властивість значно впливає як на зносостійкість інструментів із надтвердих матеріалів, так і на точність виробів, які шліфуються. До переваги сталевих корпусів слід також додати їх невисоку вартість (рис. 2). Але, широке використання корпусів із конструкційних сталей при виготовленні чашкових кругів навряд чи може мати великі перспективи через їх підвищену масу та схильність до корозії.

Наведене вище, безумовно, відноситься саме до чашкових кругів із надтвердих матеріалів, оскільки сталь може широко використовуватись при виготовленні корпусів хонінгувальних брусків, виготовленні корпусів головок АГЦ тощо. А в таких інструментах, як алмазні відрізні круги, алмазні відрізні круги сегментні, корпусам із загартованої сталі в наш час просто немає альтернативи.

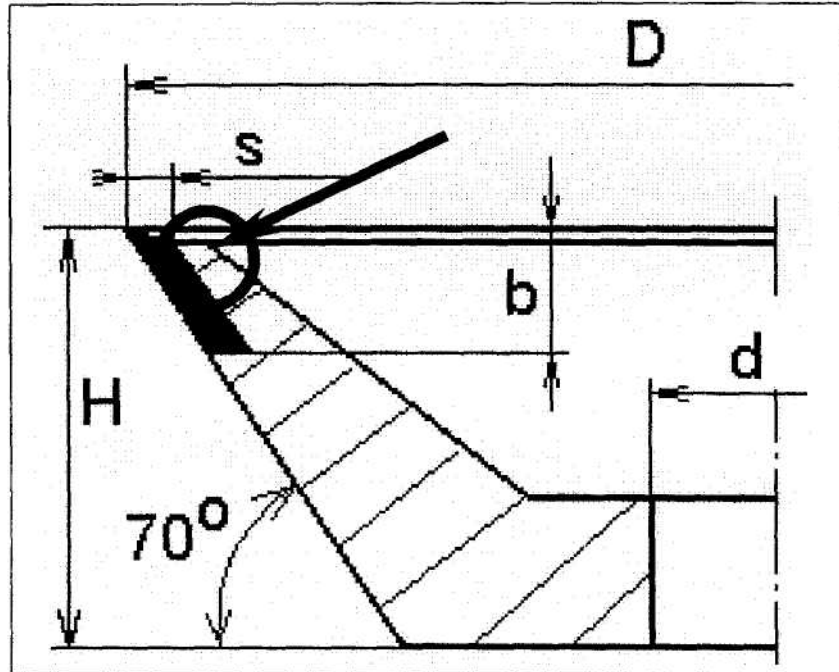


Рис. 1. Шліфувальні круги форми 11V9



Ціни на корпуси чашечних алмазних кругів (дані дослідного виробництва ІНМ.)

*Інформація про ціни на корпуси з пластичних мас на дослідному виробництві відсутня.

Рис. 2. Вартість корпусів алмазних кругів

Корпуси із керамічних матеріалів складаються з суміші часток легкоплавкого скла, електрорунду та інших матеріалів. Такі корпуси недорогі. Їх недоліком є вразливість перед випадковими ударами. І якщо у випадку виготовлення кругів на керамічній зв'язці форми 1A1, корпуси з других матеріалів, крім кераміки, використовувати неможливо внаслідок неоднаковості коефіцієнтів термічного розширення алмазвміщуючого шару та корпусу, то корпуси чашкових, різновидом яких є круг 11V9, не можуть конкурувати з європейськими.

Корпуси з алюмінієвого литва за експлуатаційними характеристиками не відрізняються від корпусів виготовлених з алюмінієвого прокату за умови належної якості литва. Литво не повинно містити раковин, тріщин та інших дефектів. При цьому корпуси кругів з алюмінієвого литва дешевші за корпуси з прокату (рис. 2). Що до корпусів, виготовлених з пластичних

мас, то суттєвим недоліком таких корпусів є низька теплопровідність, і як наслідок, підвищена температура алмазовміщуючого шару, що призводить до зниження зносостійкості.

Мали місце спроби збільшити теплопровідність корпусів з пластичних мас введенням в їх склад тонкої, подрібненої металевої стружки – відходів при лезовій обробці кольорових металів. Але практика інструментальних заводів, які використовували круги з такими корпусами довела, що витрати алмазовміщуючого шару в цьому випадку все одно вищі, ніж у кругів із алюмінієвими корпусами. Можливо, на збільшені витрати алмазовміщуючого шару в даному випадку впливає ще і невисока осьова жорсткість таких корпусів, яка веде до небажаних вібрацій. На таку думку наводить робота [2]. Хоча автори праці [3], досліджуючи працездатність кубонітових кругів із пластмасовими корпусами, помітили досить низьку зносостійкість робочого шару та зниження шорсткості обробленої поверхні. Останнє вони пояснюють невисокою осьовою жорсткістю корпусів кругів. Проте, в даному випадку необхідно відмітити, що випробування проводились із використанням охолоджуючої рідини, що вело до зменшення теплової напруженості процесу шліфування. Останнє свідчить про те, що роботи в напрямку використання корпусів із пластичних мас є сенс продовжувати.

Досить перспективним є використання корпусів із композитних матеріалів. Високі експлуатаційні якості таких корпусів підтверджуються в праці [3]. При виготовленні корпусів кругів із надтвердих матеріалів композицією, яка найчастіше зустрічається, є алюмінієвий порошок, зв'язаний полімеризованою формальдегідною смолою. Такі корпуси порівняно недорогі (рис. 2). Проте, алюмінієвий порошок та формальдегідна смола являють собою не єдино можливе у таких випадках поєднання. Композитні матеріали містять у собі великі можливості. В них можна поєднувати різноманітні компоненти, досягаючи необхідних в тому чи іншому випадку якостей. Ця цінна якість композитів, поряд із порівняно невисокою собівартістю, привела нас до думки використовувати композицію на основі алюмінієвого порошку та формальдегідної смоли з добавкою компонентів, які знижують коефіцієнт тертя композиту, як матеріалу для корпусу круга 11V9. Справа в тому, що корпус круга 11V9, виготовлений з алюмінію, як це має місце у кругів, виготовлених вітчизняними виробниками, потрібно періодично піддавати токарній обробці в місці, вказаному колом і стрілкою на рис. 1. Для цього круг має бути знятий з верстата з наступною токарною операцією. Остання обставина призводить до незручностей, які роблять круги форми 11V9 з алюмінієвими корпусами неконкурентноздатними порівняно з європейськими. Композитний корпус з антифрикційною добавкою позбавлений цього недоліку, при цьому ціна корпусу нижча за ціну алюмінієвого корпусу.

З наведеного розгляду матеріалів, з яких виготовляють корпуси кругів, очевидно, що досить перспективними корпусами для чашкових кругів можуть бути, крім композитних, також корпуси з алюмінієвого литва. Але останні є сенс використовувати в тому випадку, коли мова йде про великі партії інструменту. Зрозуміло, що у випадку кругів форми 11V9 алюмінієве литво для виготовлення корпусів не може бути використано через вищевказані причини.

Таким чином, ми зупинили свій вибір на алюмобакелітовому композиті з спеціальною антифрикційною добавкою, як на матеріалі для корпусу круга.

Другою статтею калькуляції собівартості, яку, на наш погляд, можна зменшити, є затрати на електроенергію. Устаткування, на якому виконується спікання алмазовміщуючого шару, виглядає як прес із верхньою та нижньою плитами, які нагріваються (рис. 3). За мірою передачі тепла від плит пресформі остання нагрівається, на неї прикладається тиск, відповідний до температури, обумовленої режимом спікання. Коефіцієнт корисної дії при нагріванні пресформи у даному випадку не перевищує 15 %.

Нами був розроблений більш економічний нагрівач. Він являє собою муфельну піч, встановлену поміж плитами преса (рис. 4). Пресформа з виробом, що спікається, поміщається всередину муфеля. Нагрів виконується ніхромовими спіралями. Це обумовлює коефіцієнт корисної дії на рівні 70–80 %.

І накінець, найбільші резерви в зниженні собівартості та підвищенні якості інструменту з надтвердих матеріалів містяться в зниженні затрат на заробітну плату. Тут треба зазначити, що в даному випадку мова йде не про зниження заробітної плати робітників та інженерно-технічного персоналу, а про створення умов для підвищення продуктивності праці. Це навіть навпаки може бути джерелом підвищення заробітної плати.

Для реалізації процесу спікання алмазовміщуючого шару в напівавтоматичному режимі нами була розроблена система автоматичного управління технологічними параметрами процесу гарячого пресування (рис. 5).

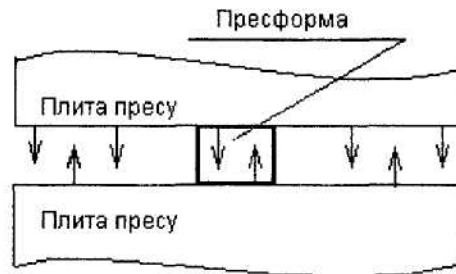


Рис. 3. Нагрів пресформи плитами

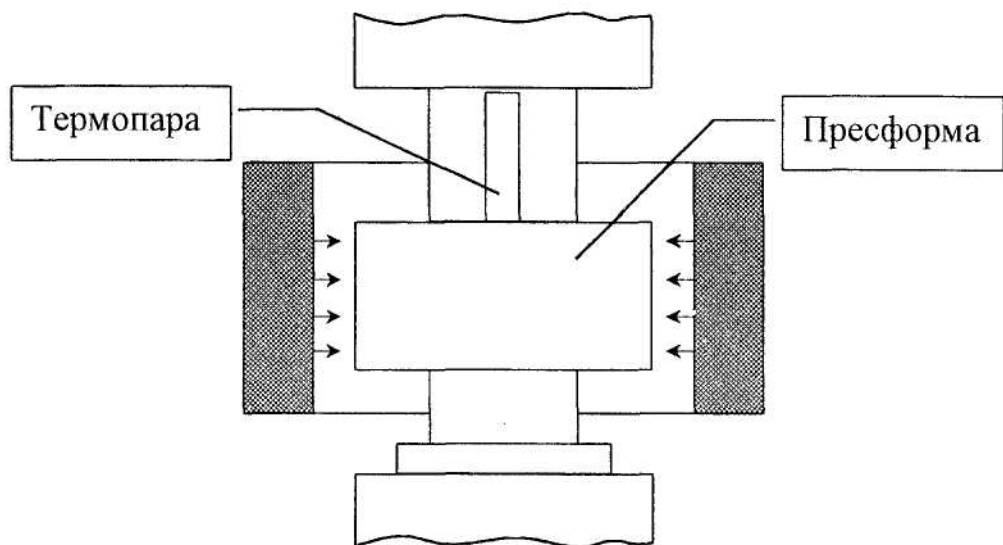


Рис. 4. Нагрів пресформи в муфельній печі

Система складається з пресу НС265, розробленого СКТБ ІНМ НАН України, перетворювача тиску ГСП Тип МПЭЗ, призначеного для вимірювання тиску в гідросистемі пресу та перетворювання його в уніфікований сигнал постійного струму 0...20 мА, описаного вище нагрівача, хромель-копельової термопарі, манометра ЭКМ-2У з відсікачем, та мікроконтролера "Ремиконт Р-130" вітчизняного виробництва – виробник "ПО Знамя", м. Полтава.

Мікроконтролер є дуже важливою частиною системи. Він складається з:

1. Блока контролера БК1, який являє собою основний функціональний блок мікропроцесора. БК1 перетворює інформаційні сигнали вимірювальних перетворювачів інформаційних сигналів температури та тиску в цифровий вигляд, зберігає та реалізує програми вимірів технологічних параметрів, формує керуючі та регулюючі сигнали для блоків управління, виконує індикацію поточних та заданих величин, проводить самодіагностику устрою, забезпечує ручний та автоматичний режим роботи обладнання.
2. Пульта настроювання ПН1, призначеного для програмування та настроювання блока контролера БК1.
3. Блока посилювачів термопар БУТ10, який служить для посилення сигналів термопар, компенсації вимірів температури холодних кінців термопар та перетворення сигналів термопар в уніфікований струмовий сигнал 0...5 мА.
4. Блока живлення БП1, призначеного для формування живлячих напруг для всіх блоків обладнання. Він формує три живлячих напруги постійного струму: 1–24 В, 0,26 А; 2–24 В, 0,3 А; 3–24 В, 0,04 А.

5. Блока управління потужністю нагрівання БУМ, що служить для перетворювання слабкострумного керуючого сигналу постійного струму 0...10 В в силову напругу змінного струму 0...220 В, яка живить нагрівач.
6. Блока управління електричною схемою пресового устаткування БУП, який складається з трьох проміжних реле типу РП–21 та служить для погодження рівнів сигналів, які діють в електричній схемі пресового устаткування та сигналів мікроконтролера.

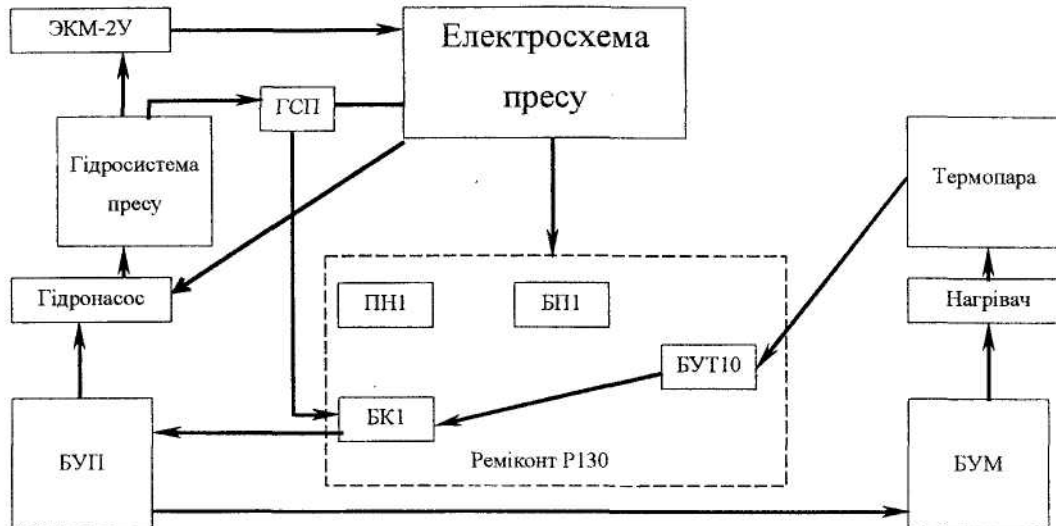


Рис. 5. Схема системи автоматичного управління технологічними параметрами процесу гарячого пресування

Згідно з командами мікроконтролера блок вмикає та вимикає насос гідросистеми пресового устаткування та сигналів мікроконтролера. Згідно з командами мікроконтролера, блок вмикає та вимикає насос гідросистеми пресового устаткування, формує команду дозволу нагріву та повернення верхньої плити пресу в вихідний стан.

Процес спікання починається з установлення спорядженої пресформи в нагрівач та закріплення в ній термопар. Натиском кнопки "пуск" електрична схема пресу запускає гідронасос. Насос створює в гідросистемі тиск, який забезпечує попереднє підпресування шихти в пресформі.

При досягненні тиску підпресовки відсікач манометра ЭКМ–2У через електричну схему пресу відмикає гідронасос і вмикає мікропроцесор. Блок БК1 дає сигнал на замикання одного з реле БУП, внаслідок чого подається сигнал на БУМ, який подає напругу на нагрівач, починається нагрів пресформи. При досягненні пресформою визначеної температури сигнал, який іде з термопар, посилюючись в БУТ10, надходить на БК1, БК1 подає сигнал БУП. БУП вмикає гідронасос, який піднімає тиск до величини, яка відповідає температурі пресформи, тиск реєструється ГСП, ГСП передає сигнал на БК1, після чого БК1 подає команду на БУП відключити гідронасос. При досягненні пресформою наступної температури, яка задана програмою, все повторюється. Кількість точок температури задається програмою. Вкінці спікання БК1 подає сигнал на БУП, який вимикає гідронасос та переміщує золотник гідросистеми в положення, яке забезпечує піднімання верхньої плити. Пресформа зі спеченим виробом виймається з нагрівача.

Автоматизація процесу спікання дозволяє не тільки знизити собівартість продукції, але й стабілізувати її якість, тому що дає можливість виключити можливі помилки спікальника.

Розроблена технологія, з використанням нової зв'язки, дала можливість одержувати алмазні та кубонітові круги форми 11V9, які за якістю не поступаються кругам відомих європейських фірм. При цьому ціни на круги приблизно втричі менші.

Алмазні круги форми 11V9 100x3x10 успішно використовуються на Банкотно-Монетному дворі Національного Банку України замість німецьких.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Осева́я жесткость шлифовальных кругов 12A2–20⁰ из СТМ / А.А. Шепелев, Г.А. Петасюк, В.И. Лавриненко, О.У. Петасюк, В.Т. Федоренко // Сверхтвердые материалы. – 1995. – № 4. – С. 53–60.
2. Алмазные шлифовальные круги: ограничения по критерию жесткости / В.И. Лавриненко, А.А. Шепелев, А.В. Тимошенко, Л.Н. Девин // Технология ремонта машин, механизмов и оборудования: Материалы VII–й Международной конференции 25–27 мая 1999 г. Алушта. – К.: АТМ Украины, 1999. – С. 82–83.
3. Пащенко Е.А., Савченко Ю.Я., Чальий В.Т. Влияние материала корпуса шлифовального круга из СТМ на его работоспособность // Сверхтвердые материалы. – 1995. – № 4. – С. 60–67.

МУРОВСЬКИЙ Валерій Олександрович – директор ДПІ “Алмазінструмент” концерну “Алкон”, м. Київ.

Наукові інтереси:

- інструменти з НТМ;
- алмазно-абразивні інструменти.

Тел. 430–35–29

ФЕДОРЕНКО Віктор Тимофійович – інженер Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, м. Київ.

Наукові інтереси:

- інструменти з НТМ;
- процеси алмазно-абразивної обробки.

Тел. 430–35–29

Подано 24.05.2001