

С.В. Рябченко, к.т.н.,
С.А. Клименко, чл.-кор. НАН України,
С.Ан. Клименко, к.т.н., ст. досл.,
А.О. Чумак, к.т.н.,
А.С. Манохін, к.т.н., ст. досл.
Ю.О. Мельничук, к.т.н., с.н.с.

Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України

ВПЛИВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ НА СТАН ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДИСКУ ТУРБІНИ ІЗ ЖАРОМІЦНОГО СПЛАВУ

Метою роботи було дослідження процесу лезової, алмазно-абразивної обробки та поверхнево-пластичного деформування зразків диску турбіни зі сплаву ЕП 742-ИД та вивчення стану поверхневого шару зразків після обробки.

Для вивчення процесу механічної обробки на стан поверхневого шару зразків, нами проведена підготовка зразків для досліджень. Для цього була вирізана центральна частина диску турбіни діаметром 280 мм. методом гідро-абразивного різання на гідроабразивному верстаті (рис. 1).



Рис. 1. Розрізаний диск турбіни

Для вивчення процесу торцевого різання та процесу поверхнево-пластичного деформування була підготовлена одна торцева поверхня центральної частини диску турбіни. Оброблювалася торцева поверхня (зовнішній діаметр 150 мм, внутрішній 130 мм) центральної частини диску на прецизійному токарному верстаті «HOLZMANN ED1000FDIG» з ЧПК. Інша торцева поверхня зразка була підготовлена для проведення процесу торцевого шліфування на шліфувальному верстаті «JONES & SHIPMAN WD936/7» (моделі 3G711AF1) з ЧПК.

Точіння торця диску турбіни зі сплаву ЕП 742-ИД відбувалось різальними інструментами з твердого сплаву марки SECO CNMG 120408 TH 1000 з PVD покриттям TiSiN-TiAlN. Марка TH1000 – це високотехнологічна марка токарного твердосплавного інструменту, що спеціалізується на рішеннях, які зазвичай називають складними матеріалами, такими як загартовані матеріали, термооброблені сталі з HRC 50~62 та жароміцні сплави, такі як Inconel (v_p – 25 м/хв.; S – 0,07 мм/об.; t – 0,2 мм) (рис. 2, а).

Проведені дослідження процесу поверхнево-пластичного деформування (ППД) торцевої поверхні зразку диску алмазними наконечниками для вигладжування з радіусами при вершині $R = 0,5$ мм та $R = 1$ мм (v_p – 25 м/хв.; S – 0,05 мм/об.; t – 0,01 мм), (рис. 2, б).

Проведені дослідження процесу шліфування торцевої поверхні зразку диску абразивними кругами з рубін-корунду. Вивчено вплив режимів шліфування та типу кругів на показники працездатності процесу та якості торцевої поверхні зразку диску турбіни (рис. 2, в). Використовувались шліфувальні круги із монокристалічного хромистого корунду (рубін-корунду) прямого профілю (типу T1) діаметром 250 мм та висотою 25 мм, зернистістю F40 на керамічній зв'язці ($v_{кр.}$ – 25 м/с; $S_{нов}$ – 2 м/хв.; $S_{ноп.}$ – 0,05 м/хв; t – 0,01 мм/подв.хід). Вибір шліфувальних кругів із монокристалічного хромистого корунду (рубін-корунду) обґрунтовано високою якістю шліфування кругами даного типу жароміцних сплавів.



а



б



в

Рис. 2. Механічна обробка торця диску турбіни із жаростійкого сплаву ЕП 742-ИД: а – точіння твердосплавним інструментом SECO CNMG 120408 TH 1000 з PVD покриттям TiSiN-TiAlN; б – ППД торцевої поверхні диску алмазними наконечниками; в – шліфування торцевої поверхні диску абразивними кругами з рубін-корунду

Критерієм оцінки поверхневого шару була шорсткістю обробленої поверхні після кожного типу механічної обробки (рис. 3).



а



б



в

Рис. 3. Шорсткість торця диску турбіни після точіння твердосплавним інструментом (а), ППД алмазними наконечниками (б), шліфування абразивними кругами з рубін-корунду (в)

Шорсткість обробленої поверхні замірялась вздовж торцевої поверхні фрагменту диску турбіни та складала $Ra\ 0,27$ при шліфуванні, поверхневий шар не мав механічних дефектів, $Ra\ 0,59$ при різанні токарними різцями, поверхневий шар після точіння мав більшу шорсткість в порівнянні із шліфуванням, а також налипи окремих частинок металу на обробленій поверхні, що вказувало на адгезійну взаємодію між інструментальним та оброблюваним матеріалом та вимагало проведення обробки із застосуванням МОР, та $Ra\ 1,32$ при поверхнево-пластичному деформуванні алмазними наконечниками, при ППД отримано найгірший стан обробленої поверхні. Виявлене погіршення якості поверхні після процесу ППД жароміцного сплаву ЭП742-ИД пояснюється сукупністю фізико-механічних та трибологічних чинників. Жароміцні нікелеві сплави мають високу міцність, низьку пластичність і схильність до інтенсивного адгезійного зчеплення з інструментальними матеріалами. При контакті алмазного наконечника з поверхнею сплаву в зоні деформації виникають значні питомі тиски та локальне підвищення температури, що призводить до мікропластичного зсуву верхніх шарів металу і налипання його на інструмент. Адгезійна взаємодія супроводжується утворенням налипів і мікрозадірів, які після проходження інструменту залишаються на поверхні у вигляді дефектів. Крім того, через низьку теплопровідність жароміцних сплавів теплота деформації не відводиться вглиб, а концентрується у тонкому поверхневому шарі, що спричиняє його локальне розупрочнення і появу мікротріщин при повторному навантаженні. Тому для таких матеріалів ППД алмазними наконечниками без охолодження або при завищених режимах подачі є недоцільним.

Результати досліджень показали, що найбільш оптимальним фінішним методом обробки виробів із жароміцного сплаву марки ЭП742-ИД є шліфування кругами із хромистого корунду (рубін-корунду). Круги із хромистого корунду шліфують жароміцний сплав рівномірно, без напруження та не «припікають» поверхню обробленого матеріалу та забезпечують шорсткість обробленої поверхні $Ra\ 0,27$.