

УДК 621.762.8 (088.8)

М.П. Пелех

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра фізики металів і матеріалознавства**ВПЛИВ ПРОФІЛЮ БІЧНОЇ ПОВЕРХНІ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ЗУБКА  
НА СТАТИЧНУ МІЦНІСТЬ ПРЕСОВОГО З’ЄДНАННЯ**

© Пелех М.П., 2002

**Бічна поверхня зубка, виготовлена згідно з розрахунковим профілем, створює у пресовому з’єднанні рівномірне напруження по всій поверхні контакту. Робота спрямована на розв’язання задачі підвищення працездатності бурового долота й економії дефіцитного твердого сплаву.**

**The pick flank was manufactured according to the design profile. Due to this in press joint there is a uniform stress on all contact surface. The operation was carried out with the purpose to boost of service capability of a drilling bit and to spare a scarce hard alloy.**

Аналіз бурових робіт, які здійснюються шарошковими долотами, армовані твердосплавними шліфованими зубками, вказує на їх низьку експлуатаційну стійкість. В умовах експлуатації доліт твердосплавні зубки піддаються складним навантаженням. Одночасно із стиранням, особливо це видно при бурінні твердих абразивних порід, вони сприймають ударні навантаження, деформації стиску і згинальні моменти. На основі даних організацій, які використовують долота, встановлено, що основними причинами їх передчасного виходу з ладу є відкол і злами твердосплавних зубків. Останні зумовлені в основному тим, що шліфовані зубки з конусною західною частиною спричиняють в з’єднанні при запресуванні такі контактні напруження, які перевищують границю міцності матеріалу шарошки, що призводять до утворення тріщин.

Характер, а також величина зусиль запресовування і випресовування зубка з гнізда взірця, який імітує елемент шарошки, визначались за результатами осцилографування. Для проведення досліджень було створено стенд запресовування-випресовування зубків в гніздо взірця. Стенд обладнаний тензодавачами, які реєструють зусилля при запресовуванні-випресовуванні зубків.

Необхідно було перевірити, як впливає форма західної частини зубка на зусилля запресовування-випресовування залежно від величини натягу  $N$ . Зусилля запресовування-випресовування вимірялись для натягів 60, 90, 120, 150 і 180 мкм. Відповідно до прийнятої методики [2] кожний експеримент проводили 5 разів, а отримані результати усереднювались середньоквадратичним методом і усі дані записували у табл. 1.

За отриманими і обробленими даними побудовані залежності  $P_3 = f(N)$ ,  $P_v = f(N)$ , які зображені на рис. 1. Зусилля запресовування  $P_3 = f(N)$  із збільшенням натягу зростають. Дане явище обґрунтовано в роботі [7].

## Зусилля запресовування-випресовування зубків залежно від величини натягу

Натяг, N, Мкм	Зусилля запресовування		Зусилля запресовування	
	ВО-Р <sub>з</sub> , кН	ТВО-Р <sub>з</sub> , кН	ВО-Р <sub>в</sub> , кН	ТВО-Р <sub>в</sub> , кН
60	17,00	17,0	17,5	17,7
80	24,7	24,3	25,8	27,3
120	31,8	30,5	32,1	34,7
150	37,8	34,3	30,2	33,2
180	40,1	37,0	24,3	29,1

Примітки: ВО – зубки віброоброблені, які поставляються заводів; ТВО – зубки з розрахунковим профілем західної частини, які отримані високотемпературною окислювальною обробкою.

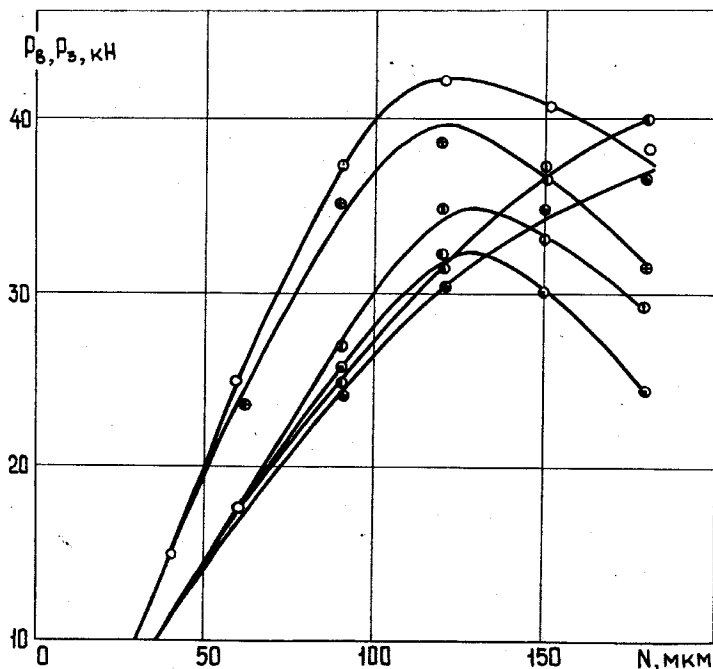


Рис. 1. Зміна зусилля випресовування-запресовування залежно від натягу, профілю західної частини зубка і динамічного навантаження:  
 ○ – ТВО зубки після випробування; ⊕ – ТВО зубки;  
 ⊕ – ВО зубки після випробування; ⊖ – ВО зубки;  
 ● – ВО зубки запресовування; ● – ТВО зубки запресовування

Надмірне збільшення натягу може призвести до того, що в одній деталі (рідше в обох одночасно) відбудеться руйнування. Величина натягу також впливає на величину і характер деформацій, що виникають в поверхневих шарах металу деталей, що з'єднуються.

Як видно з рис. 1, зусилля запресовування зубка з західною частиною  $0,8 \times 15^0$  вище зусиль запресовування зубка з розрахунковим профілем, який отримуємо високотемпературною окислювальною і вібраційною обробками [6].

$$N(x) = \left[ \frac{[\sigma]}{\alpha_{\sigma} \left(\frac{x}{a}\right)^{n_1} + n_2} - \frac{3M}{\pi da^3} \cdot x - \frac{2P_3}{\pi da} \right] \cdot d \left( \frac{1 - \mu_1}{E_1} + \frac{1 + \mu_2}{E_2} \right) \quad (1)$$

де  $E_1, E_2, \mu_1$  і  $\mu_2$  – модулі пружності і коефіцієнти Пуассона матеріалів зубка і шарошки;  $d$  – діаметр зубка;  $a$  – половина запресованої частини зубка;  $M$  – згинальний момент;  $P_3$  – згинальне навантаження;  $n_1, n_2$  – коефіцієнти;  $[\sigma]$  – допустиме напруження;  $(x/a)$  – безрозмірна величина.

Це явище можна пояснити тим, що при запресовуванні зубка з фаскою  $0,8 \times 15^0$  існує гострий перехід між конічною і циліндричною частинами зубка. Він представляє собою різальну кромку, чим спричинений під час запресовування зсув матеріалу. Другим фактором, який впливає на збільшення зусилля запресовування, є високий питомий тиск на контактні поверхні, зумовлений “крайовим ефектом”. Розрахунковий профіль усуває явище “крайового ефекту” і на контактних поверхнях питомий тиск по всій довжині з’єднання рівномірний [1, 4].

Залежність зусилля випресовування від величини натягу  $P_B = f(N)$  можна розділити на три ділянки. Прямолінійна ділянка кривих відповідає засиллям випресовування, коли обидва спряжених тіла деформуються пружно, величина натягу становить  $N = 70$  мкм.

Друга ділянка деформацій відповідає пружно-пластичним. В цій області цементований шар деформується пружно, а підцементований – пружно-пластично, зусилля випресовування на цій ділянці не пропорційні величині натягу. Величини натягів для цієї ділянки становлять 70–120 мкм. В третій області із збільшенням натягу зусилля випресовування зменшуються, отвір шарошки долота деформується пластично, натяг при цьому  $N > 120$  мкм.

В області пружних деформацій деталей пресового з’єднання профіль західної частини зубка на міцність практично не впливає. В області пружно-пластичних деформацій статична міцність, тобто зусилля випресовування зубка з розрахунковим профілем західної частини, збільшується, що видно з табл. 1.

Достовірнішим підтвердженням збільшення статичної міцності пресового з’єднання, в якому зубок має бокову поверхню, виконану за розрахунковою залежністю, є відношення  $P_3/P_B = f(N)$  (табл. 2) залежно від натягу, тобто відносна міцність  $\varphi = P_B/P_3$  (рис. 2).

Таблиця 2

## Відносна міцність пресового з’єднання

Натяг $N$ , мкм	$\varphi_1 = P_B/P_3$ , %	$\varphi_2 = P_B/P_3$ , %	$\varphi_3 = P_{в.д.}/P_3$ , %	$\varphi_4 = P_{в.д.}/P_3$ , %
60	103	104	138	147
90	104	112	142	154
120	101	114	123	139
150	80	97	97	119
180	61	79	79	102

Примітки:  $P_{в.д.}$  – зусилля випресовування ВО зубків після динамічних випробувань;  $P_{в.д.}^1$  – зусилля випресовування ТВО зубків після динамічних випробувань.

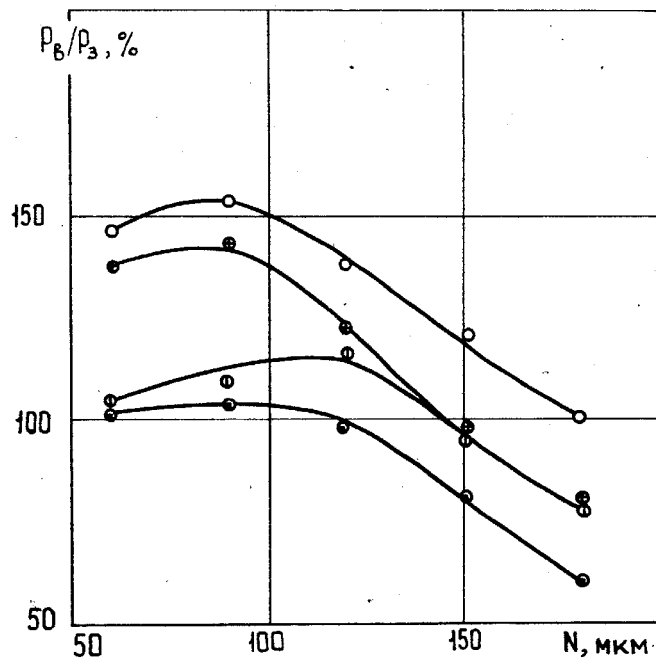


Рис. 2. Відносна міцність пресових з'єднань залежно від натягу, профілю західної частини зубка і динамічного навантаження:

○ – ТВО зубки після випробування; ⊙ – ТВО зубки;  
 ⊕ – ВО зубки після випробування; ● – ВО зубки

У цьому випадку виключається похибка від невизначеності натягу. Міцність пресового з'єднання, в якому бічна поверхня зубка має розрахунковий профіль порівняно з існуючим зубком, в області пружних і пружно-пластичних деформацій, вища на 10–15 %. Підвищення статичної міцності обґрунтовано такими обставинами:

1. Шорскість поверхні у профільованих зубків збільшується.

2. Після термоокислювальної обробки твердосплавного зубка на його поверхні з'являється надлишковий кобальт, що зменшує коефіцієнт тертя в 3–7 разів [3].

3. Розрахунковий профіль бічної поверхні зубка усуває явище “крайового ефекту”.

Для виявлення впливу “крайового ефекту” на міцність пресового з'єднання були проведені дослідження зміни діаметра отворів після випресовування з них твердосплавних зубків [5]. Вимірювання діаметрів вздовж твірної гнізда і визначення величин деформації гнізда по його глибині для трьох натягів  $N = 70, 140$  і  $180$  мкм показані на рис. 3. Вивчення профілів наочно показало, що наявність гострого переходу між циліндром і фаскою зубка призводить до збільшення діаметра, причому насамперед на цементованому шарі. Зубки з розрахунковим профілем деформують отвір по всій довжині однаково, виключається явище “крайового ефекту”. Так, для натягів  $N = 70, 140, 180$  мкм деформація, зумовлена профільованими зубками, становила відповідно максимальну величину 15,45 і 85 мкм. При натязі 70 мкм спостерігається вигладжування поверхонь, а при більших натягах – незначна пластична деформація. Для вихідних зубків величина деформації (по цементованому шарі)

становила відповідно 55, 105 і 140 мкм, а на глибині 2 мм від торця поверхні шарошки, тобто в підцементованому шарі, – 40, 80 і 110 мкм, відповідно.

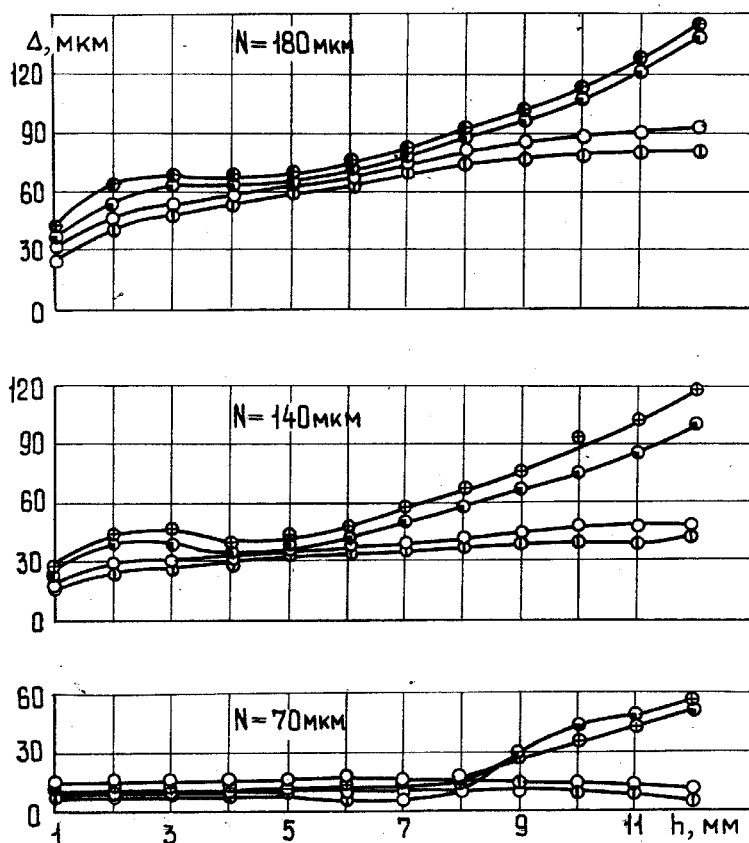


Рис. 3. Пластична деформація гнізда  $\Delta$  мкм, залежно від натягу, профілю західної частини зубка і динамічного навантаження:

⊕ – ВО зубки після випробування; ⊖ – ТВО зубки;  
○ – ТВО зубки після випробування; ● – ВО зубки

Отже, при вимірюваному натязі  $N = 70$  мкм, фактичний натяг становить 15 мкм, при  $N = 140$  мкм – 35 мкм і при  $N = 140$  мкм – 40 мкм. Найміцніший шар – цементований – є невикористаним, що призводить до тріщин. Ці негативні явища посилюються ще тим, що збільшення діаметра на цементованому шарі зв'язано з утворенням мікротріщин, навіть, як видно з результатів досліджень, при натягах в області пружних деформацій.

1. А.с. 391259 ССРСР. Твердосплавный зубок / С.Г. Султанов, А.А. Гусейнов // Бюл. изобрет. – 1973. – № 3. 2. А. с. 515588 ССРСР. Способ размерной поверхностной обработки спеченных изделий из твердых сплавов / В.А. Повидайло, Р.И. Силин, Р.В. Юревич // Бюл. изобрет. – 1976. – № 20. 3. Лошак М.Г., Алесандрова Л.И. Упрочнение твердых сплавов. – К., 1977. 4. Пелех М.П. Пути совершенствования производства твердосплавного и алмазного бурового инструмента и расширение области его применения // Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. – Самарканд, 1979. 5. Пелех М.П. Оптимизация конструктивных парамет-

ров деталей прессового соединения при автоматической сборке буровых шарошечных долот // Автоматизация производственных процессов: Респ. науч.-техн. сб. – Львов, 1987. 6. Пелех М.П. Прочность прессовых соединений при автоматизированной сборке буровых шарошечных долот // Автоматизация производственных процессов: Респ. науч.-техн. сб. – Львов, 1988. 7. Ффейнерман И.Д. Метрика сопряжения деталей машин. – Ташкент, 1947.

УДК 669.295: 621.375.826.004: 621.785.5

Е.І. Плешаков, Р.Філіп\*

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра фізики металів та матеріалознавства

\* Жешувська політехніка,  
кафедра матеріалознавства, Польща

## МІКРОСТРУКТУРА Й ФАЗОВИЙ СКЛАД ЛАЗЕРНО АЗОТОВАНОГО ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ТИТАНОВОГО СПЛАВУ Ti-6Al-4V

© Плешаков Е.І., Філіп Р., 2002

Лазерне азотування сплаву Ti-6Al-4V здійснювали опроміненням поверхні CO<sub>2</sub>-лазером в струмені чистого азоту. За допомогою растрової електронної та оптичної мікроскопії, рентгеноструктурного фазового аналізу встановлено, що структуру лазерно азотованого шару становлять дендрити нітридів титану, густо розташовані в мартенситній  $\alpha'$ -матриці. Мікротвердість дендритної структури становить 12–15 ГПа.

**Laser nitriding of the Ti-6Al-4V alloy in a pure nitrogen environment using a continuous CO<sub>2</sub> laser produces complex microstructures in the solidified melt pool. In the laser-melted zones metallurgical analyses by optical and scanning electron microscopies, X-ray diffraction analyses reveal microstructures, which contain mainly dendritic titanium nitrides in the martensitic  $\alpha'$ -matrix. Microhardness of dendritic structures varied between 12 and 15 GPa.**

Поступ у розвитку машинобудування та інших галузей промисловості вимагає застосування у виробках матеріалів, що здатні протидіяти зношуванню, корозії, високій температурі, періодично змінному навантаженню тощо. Оскільки більшість із цих чинників пошкоджує поверхню виробів, то поверхнева обробка матеріалу стає ефективним і економічно вигідним способом збільшення терміну їх надійної роботи. Лазерна обробка вирізняється з-поміж численних способів поверхневої обробки унікальними можливостями формування структури, фазового складу, а отже, і властивостей поверхні виробів [1, 2].