

УДК 621.9

Л.Танович, д.т.н., проф.

Машинобудівний факультет Белградського університету

ДОСЛІДЖЕННЯ В ПРОЦЕСІ ШЛІФУВАННЯ КЕРАМІКИ СИЛНІТ-Р

Умови масового виробництва виробів з кераміки вимагають одержання точних і якісних виробів. При цьому форму виробів прагнуть одержати при спіканні, а точність і якість поверхневого шару остаточно формуються механічною обробкою, звичайно шліфуванням.

Незалежно від обраного методу шліфування, при обробці керамічних матеріалів механічні і термічні навантаження можуть призвести до пошкодження структури поверхневих шарів виробів й утворення мікро- та макротріщин, що пов'язано з такими незворотніми дефектами, як розтріскування і відколи. Крім того, тріщини мають вирішальний вплив на міцність деталей з кераміки. Структурні дефекти з лінійними розмірами від 10 до 100 мкм вже призводять до виходу виробу з ладу. Варто враховувати, що велике значення має вид дефекту, його розташування і напрямок поширення тріщини щодо напрямку прикладення навантаження при експлуатації.

Для ефективного керування процесом одержання керамічних виробів важливо оцінити зв'язок між режимами шліфування і вихідними показниками процесу, зокрема, параметрами якості обробленої поверхні.

Якість поверхні визначається комплексом характеристик, що включають параметри мікрогеометричного рельєфу, фізико-механічні та інші властивості матеріалу обробленого поверхневого шару. Стан матеріалу поверхневого шару після шліфування істотно впливає на експлуатаційні характеристики обробленої поверхні, зокрема, на зносостійкість [1, 2], що особливо важливо для таких керамічних виробів, як різальні пластини.

Дослідження в області шліфування кераміки реалізовані в режимі шліфування, що забезпечує роботу алмазного круга в умовах самозагострювання.

На рис. 1 показано отримані результати питомих сил шліфування P'_y та P'_z , а також питомі енергії шліфування в залежності від умов обробки.

На підставі рис. 1 видно, що у всіх алмазних кругах і при різних глибинах різання зміна поперечної подачі стола $S_{non} = 0,4 - 0,8$ мм/хід не викликає значних змін P'_y і P'_z .

В алмазних кругах з якістю зерен АС6 збільшення глибини шліфування від 0,01 мм до 0,03 мм викликає зростання P'_y і P'_z приблизно в два рази: $P'_y = 15,5 - 31,2$ Н/мм², $P'_z = 3,8 - 8,7$ Н/мм² ($S_n = 1$ м/хв.; $S_{non} = 0,4$ мм/хід) та $P'_y = 35 - 74$ Н/мм², $P'_z = 6,8 - 12,5$ Н/мм² ($S_n = 4$ м/хв.; $S_{non} = 0,4$ мм/хід).

Зі збільшенням повздовжньої подачі стола $S_n = 1 - 4$ м/хв. збільшуються в 2,4 рази; компоненти P'_y , P'_z - в 1,7 разів.

Із застосуванням алмазного круга якості АС15 виникає збільшення компонентів P'_y і P'_z в 1,35-1,5 рази (по відношенню до круга якості АС6), що пояснюється утворенням поверхонь зношування на алмазних зернах. У цього алмазного круга зі збільшенням глибини шліфування від 0,01 мм до 0,03 мм P'_y і P'_z збільшуються приблизно в 1,85-2,2 рази, а саме: $P'_y = 23,7 - 48,5$ Н/мм², $P'_z = 5 - 11,2$ Н/мм² ($S_n = 1$ м/хв.; $S_{non} = 0,4$ мм/хід) і $P'_y = 47,5 - 102$ Н/мм², $P'_z = 10 - 20$ Н/мм² ($S_n = 4$ м/хв.; $S_{non} = 0,4$ мм/хід).

Збільшення розмірів алмазних зерен від 100/80 до 200/160 викликає збільшення компонентів P'_y і P'_z внаслідок зменшення кількості динамічних зерен на одиниці площі абразивної поверхні алмазного круга більшої крупності. Це збільшення в алмазному крузі якості АС15 становить за P'_y приблизно 1,5 рази і за P'_z - приблизно 1,2 рази.

Зміна глибини шліфування від 0,01 мм до 0,03 мм викликає зростання сил, а саме: $P'_y = 35 - 77,5$ Н/мм², $P'_z = 6,2 - 13,2$ Н/мм² ($S_n = 1$ м/хв.; $S_{non} = 0,4$ мм/хід) і $P'_y = 62,5 - 145$ Н/мм², $P'_z = 11,2 - 23,7$ Н/мм² ($S_n = 4$ м/хв.; $S_{non} = 0,4$ мм/хід).

Питома енергія шліфування E' визначається так:

$$E' = \frac{P'_z \cdot V_{кр}}{S_{np} \cdot a \cdot B}$$

де $V_{кр}$ – швидкість алмазного кола; P_z – тангенціальні компонентні сили шліфування; a – глибина шліфування; B – ширина шліфування.

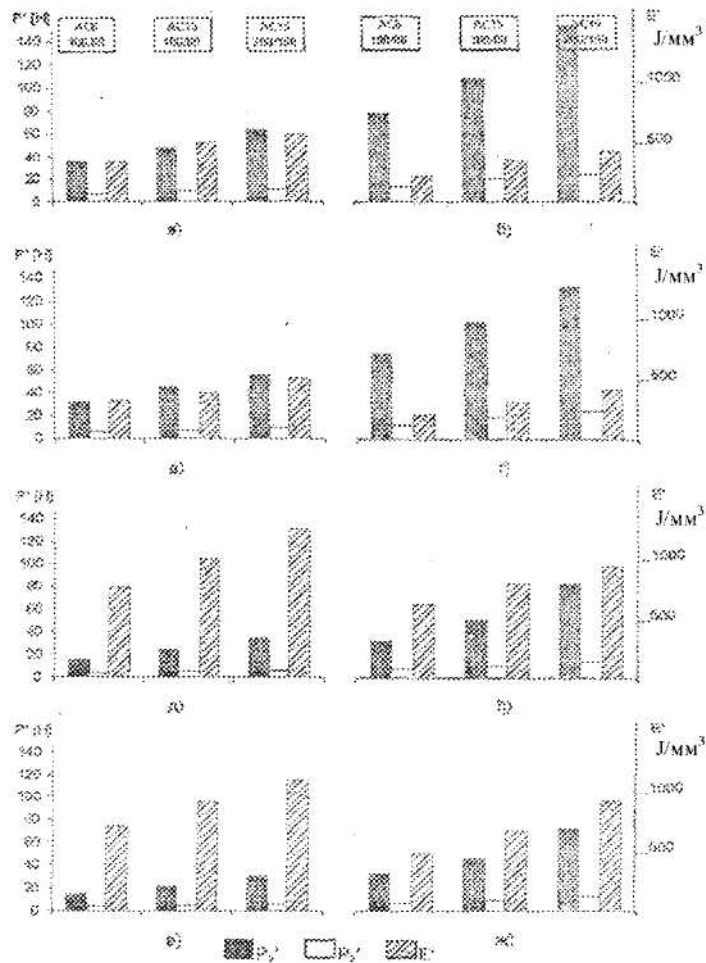


Рис. 1. Питомі сили шліфування P'_y та P'_z та питома енергія шліфування E' в залежності від умов обробки ($V_{кр} = 35$ м/с):

а – $S_n = 4$ м/хв., $S_{ноп} = 0,4$ мм/хід, $a = 10$ мкм;

б – $S_n = 4$ м/хв., $S_{ноп} = 0,4$ мм/хід, $a = 30$ мкм;

в – $S_n = 4$ м/хв., $S_{ноп} = 0,8$ мм/хід, $a = 10$ мкм;

г – $S_{пр} = 4$ м/хв., $S_{ноп} = 0,8$ мм/хід, $a = 30$ мкм;

д – $S_n = 4$ м/хв., $S_{ноп} = 0,4$ мм/хід, $a = 10$ мкм;

е – $S_{пр} = 4$ м/хв., $S_{ноп} = 0,4$ мм/хід, $a = 30$ мкм;

з – $S_{пр} = 4$ м/хв., $S_{ноп} = 0,8$ мм/хід, $a = 10$ мкм;

ж – $S_n = 1$ м/хв., $S_{ноп} = 0,8$ мм/хід, $a = 30$ мкм

З рис. 1 видно, що зі збільшенням глибини шліфування зменшується енергія шліфування E' у всіх алмазних кругах, що використовуються, а саме, при збільшенні глибини від 0,01–0,03 мм вищевказане зменшення становить: 13–35 % (AC6); 25–34 % (AC15 100/80) і 21–30 % (AC15 200/160).

Цей феномен пояснюється тим, що при менших глибинах шліфування меншим є крутий злам і збільшується плинність матеріалу. До вищевказаних результатів прийшов і Inasaki [3].

Якість обробленої поверхні кераміки Силініт-Р визначається комплексом характеристик, що включають параметри мікрогеометрії рельєфу, фізико-механічні та інші властивості матеріалу оброблюваного поверхневого шару. З численних характеристик мікрогеометрії поверхні на експлуатаційні якості впливають такі параметри шорсткості: висота нерівностей, розподіл нерівностей уздовж профілю та його відносні опорні довжини.

Відносна опорна довжина профілю буває максимальною при куті запису від 6° для всіх режимів шліфування, з тим, що референтним значенням вважається 30 % від R_{\max} .

При режимах шліфування $V_{кр} = 35$ м/с, $S_n = 1$ м/хв., $S_{ноп} = 0,4$ мм/хід, збільшення глибини шліфування від 0,01 мм до 0,03 мм викликає збільшення відносної опорної довжини профілю від 21 до 43 % ($\alpha = 90^\circ$) і зменшення від 35 до 24 % ($\alpha = 62^\circ$), зменшення від 60 до 24 % ($\alpha = 34^\circ$) і зменшення від 98 до 50 % ($\alpha = 6^\circ$).

При збільшенні повздовжньої подачі стола до $S_n = 4$ м/хв. на попередніх режимах збільшенням глибини шліфування від 0,01 до 0,03 мм відбувається зменшення відносної опорної довжини профілю у всіх напрямках, а саме: з 25 до 20 % ($\alpha = 90^\circ$), з 40 до 10 % ($\alpha = 62^\circ$), з 40 до 25 % ($\alpha = 34^\circ$) і з 40 до 37 % ($\alpha = 6^\circ$).

Збільшення поперечної подачі стола від 0,4 до 0,8 мм/хід ($S_n = 4$ м/хв. $a = 0,03$ мм) викликає збільшення відносної опорної довжини профілю з 20 до 22 % ($\alpha = 90^\circ$), з 8 до 42 % ($\alpha = 62^\circ$) і з 25 до 55 % ($\alpha = 34^\circ$). При $S_n = 1$ мм/хв. в попередніх умовах зберігається тенденція до збільшення відносної опорної довжини профілю, а саме: з 43 до 65 % ($\alpha = 90^\circ$), з 24 до 34 % ($\alpha = 62^\circ$), з 24 до 42 % ($\alpha = 34^\circ$) і з 50 до 72 % ($\alpha = 6^\circ$).

Аналіз результатів показує, що середнє значення відносної опорної довжини, яка вимірюється в чотирьох напрямках (кутах), максимальне при таких режимах: $S_n = 1$ м/хв.; $S_{ноп} = 0,4$ мм/хід, $a = 0,01$ мм (54 %), $S_n = 1$ м/хв.; $S_{ноп} = 0,8$ мм/хід, $a = 0,03$ мм (53 %) і $S_n = 1$ м/хв., $S_{ноп} = 0,8$ мм/хід, $a = 0,01$ мм (47 %).

При обробці шліфуванням кераміки Силініт-Р питомі сили шліфування P'_y і P'_z зростають зі збільшенням глибини різання. Збільшення поверхні зношування на алмазному зерні призводить до збільшення як нормального, так і тангенціального компонентів, при цьому ступінь збільшення P'_y є більший по відношенню до P'_z .

Зі збільшенням глибини шліфування відношення P'_y / P'_z дещо зменшується, що можна пояснити значним руйнуванням керамічних зерен при великих глибинах, внаслідок цього зростання P'_y відбувається повільніше.

Відношення P'_y / P'_z зростає при переході з алмазного круга АС6 100/80 на АС15 100/80 або АС15 200/160, що пояснюється інтенсивністю утворення поверхонь зношування на алмазних зернах.

Питома енергія шліфування E' знижується зі збільшенням глибини шліфування, що є наслідком феномена контакту алмазне зерно-кераміка.

Реалізація кераміки, як конструкційного матеріалу, а також і матеріалу, що використовується як інструмент, передбачає необхідність технологічної операції, за допомогою якої досягається необхідна точність.

Сьогодні відомі такі методи обробки кераміки: точіння, фрезерування, свердлування, шліфування, хонінгування, полірування, а також електроерозійна електрохімічна обробка, обробка за допомогою електричного струму, лазером і електронним променем.

Найчастіше використовується обробка кераміки алмазним шліфуванням, також інтенсивно розвивається процес магнітно-флюїдного шліфування. Закономірності комбінованого процесу першими встановили дослідники Тапі та Іманакі. З метою збільшення сили, а отже і продуктивності, Умеґага та Като спроектували елемент "поплавок", використання якого дозволило підняти точність шліфування на вищий рівень.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Качество поверхности при алмазно-абразивной обработке / Э.В. Рыжов, А.А. Сагарда, В.Б. Ильицкий, И.Х. Чеповцкий. – Киев: Наук. думка, 1979. – 243 с.
2. Рыжов Э.В., Суслов А.Г., Федоров В.П. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин. – М.: Машиностроение, 1979. – 176 с.

ТАНОВИЧ Любодраг – доктор технічних наук, професор Машинобудівного факультету Белградського університету, м. Белград – Югославія.

Наукові інтереси:

– шліфування кераміки.