

DOI 10.32820/2079-1747-2018-22-28-33

УДК 621.923

ЭФФЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

©Полянский В. И.

НПО «Империя металлов»

Інформація про автора:

Полянський Володимир Іванович: ORCID: 0000-0001-54482-9955; fokusnic1@rambler.ru; кандидат технічних наук, Генеральний директор, НВО «Імперія металів», Григорівське шосе, 88, м. Харків, 61020, Україна

Теоретично визначено основні умови суттєвого підвищення продуктивності механічної обробки, які полягають в зменшенні умовного напруження різання (енергоємності обробки) до значення, при якому розрахункова максимальна температура різання стає менше температури плавлення оброблюваного матеріалу і з'являється можливість значного збільшення швидкості різання фактично без збільшення температури різання. Показано, що основними умовами зменшення енергоємності лезової обробки є застосування інструментів з синтетичних надтвердих матеріалів і збірних твердосплавних або керамічних інструментів зі зносостійкими покриттями, що характеризуються високою гостротою ріжучих лез і низьким коефіцієнтом тертя з оброблюваним матеріалом, а при шліфуванні – зменшенням інтенсивності тертя зв'язки круга з оброблюваним матеріалом. Експериментально встановлено, що застосування ріжучого інструменту зі зносостійким покриттям зарубіжного виробництва на операції свердління дозволило в 2 рази підвищити продуктивність обробки при забезпеченні високої якості оброблюваної поверхні.

Ключові слова: механічна обробка; шліфування; температура різання; умовне напруження різання; продуктивність обробки; інтенсивність тертя.

Полянский В. И. «Эффективное применение современных технологий механической обработки».

Теоретически определены основные условия существенного повышения производительности механической обработки, состоящие в уменьшении условного напряжения резания (энергоемкости обработки) до значения, при котором расчетная максимальная температура резания становится меньше температуры плавления обрабатываемого материала и появляется возможность значительного увеличения скорости резания фактически без увеличения температуры резания. Показано, что основными условиями уменьшения энергоемкости лезвийной обработки является применение инструментов из синтетических сверхтвердых материалов и сборных твердосплавных или керамических инструментов с износостойкими покрытиями, характеризующихся высокой остротой режущих лезвий и низким коэффициентом трения с обрабатываемым материалом, а при шлифовании - уменьшением интенсивности трения связки круга с обрабатываемым материалом. Экспериментально установлено, что применение режущего инструмента с износостойким покрытием зарубежного производства

на операции сверления позволило в 2 раза повысить производительность обработки при обеспечении высокого качества обрабатываемой поверхности.

Ключевые слова: механическая обработка; шлифование; температура резания; условное напряжение резания; производительность обработки; интенсивность трения.

Polyansky V. «Effective application of modern technologies of mechanical processin».

Theoretically, the basic conditions for a significant increase in machining performance are defined, consisting in reducing the conditional cutting voltage (processing power) to a value at which the calculated maximum cutting temperature becomes less than the melting temperature of the material being processed and there is a possibility of a significant increase in cutting speed without increasing the cutting temperature. It is shown that the main conditions for reducing the energy intensity of blade processing is the use of tools from synthetic superhard materials and prefabricated carbide or ceramic tools with wear-resistant coatings, characterized by high sharpness of cutting blades and low coefficient of friction with the material being processed, and when grinding - reducing the intensity of friction of the circle bundle with the processed material. It was established experimentally that the use of cutting tools with a wear-resistant coating of foreign production at the drilling operation made it possible to increase the processing performance by a factor of 2 while ensuring the high quality of the surface being treated.

Key words: machining; grinding; cutting temperature; conditional cutting stress; processing performance; friction intensity.

1. Постановка проблемы.

Применение современных сборных режущих лезвийных твердосплавных и керамических инструментов с износостойкими покрытиями зарубежного производства открыло широкие перспективы повышения производительности и качества обработки деталей, изготовленных из материалов с повышенными физико-механическими свойствами. В связи с этим в настоящее время на машиностроительных предприятиях Украины происходит техническое перевооружение производства новыми технологиями механической обработки, оборудованием и режущими инструментами. В результате изготавливаемая продукция по качеству и себестоимости становится вполне конкурентоспособной на экономических рынках. Однако для этого необходимо использовать режущие инструменты, максимально реализуя их технологические возможности путем правильного выбора оптимальных условий обработки включая параметры режима резания и характеристики режущего инструмента. Поэтому настоящая работа посвящена разработке практических рекомендаций по повышению эффективности применения современных режущих инструментов.

2. Анализ последних исследований и публикаций.

Вопросам применения современных технологий механической обработки, оборудования и режущих инструментов зарубежного производства посвящены работы [1-3], в которых

обоснованы оптимальные режимы резания, обеспечивающие повышение производительности и качества обработки. Приведены теоретические решения [2], определяющие условия снижения силовой и тепловой напряженностей механической обработки. Однако при этом недостаточно внимания уделено связи условий снижения силы и температуры резания с практикой осуществления высокопроизводительной и высококачественной механической обработкой.

3. Цель исследования – теоретически обосновать и практически реализовать новые технологические возможности высокоэффективной механической обработки с применением современных режущих инструментов.

4. Основной материал

В работах [2; 4] теоретически установлено, что с увеличением скорости резания V температура резания θ непрерывно увеличивается, асимптотически приближаясь к максимальному значению (рис. 1):

$$\theta = \frac{\sigma}{c \cdot \rho}, \quad (1)$$

где c – удельная теплоемкость обрабатываемого материала, Дж/(кг·К);

ρ – плотность обрабатываемого материала, кг/м³;

$\sigma = P_z / S$ – условное напряжение резания, Н/м²;

P_z – тангенциальная составляющая силы резания, Н;

S – площадь поперечного сечения среза, м².

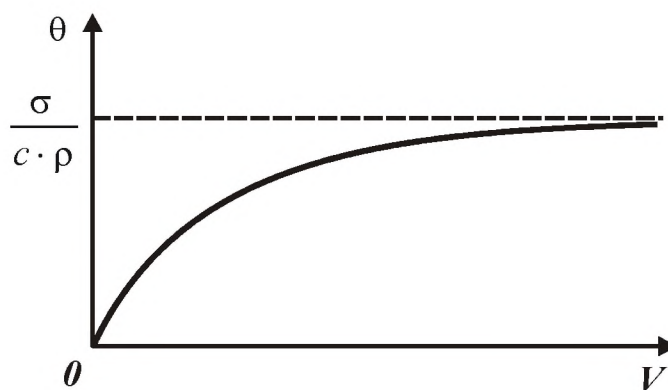


Рис. 1 – Зависимость температуры резания θ от скорости резания V

Из этого вытекает, что при условии достижения максимальной температурой резания θ значения, меньшего температуры плавления обрабатываемого материала, скорость резания V и соответственно производительность обработки Q могут быть существенно увеличены. В этом случае температура резания θ не является ограничением увеличения скорости

резания V и производительности обработки Q . Однако для выполнения данного условия следует добиться необходимого уменьшения условного напряжения резания σ , определяющего температуру резания θ .

Физическая суть графика, показанного на рис. 1, состоит в том, что с увеличением скорости резания V доля возникающего при резании тепла, уходящего в поверхностный слой обрабатываемой детали, уменьшается, а доля тепла, уходящего в образующуюся стружку при точении (или в образующиеся стружки при шлифовании), увеличивается. При условии полного перехода выделяющегося при резании тепла в образующуюся стружку температура резания θ принимает максимальное значение, определяемое зависимостью (1).

В работе [2] показано, что температура резания θ связана с энергоемкостью обработки A аналитической зависимостью:

$$\theta = \frac{A}{c \cdot \rho}. \quad (2)$$

Как видно, при механической обработке зависимости (1) и (2) идентичны, если рассматривать в качестве энергоемкости обработки A условное напряжение резания σ . Размерность энергоемкости обработки ($\text{Дж}/\text{м}^3 = \text{Н}/\text{м}^2$) соответствует размерности условного напряжения резания σ . Расчетно-экспериментальным путем установлено [2], что условное напряжение резания σ всегда больше предела прочности на сжатие обрабатываемого материала $\sigma_{сж}$. При лезвийной обработке – $1 < \sigma / \sigma_{сж} < 10$, а при шлифовании – $1 < \sigma / \sigma_{сж} < 100$, т.е. при шлифовании в связи с интенсивным трением связки круга с обрабатываемым материалом условное напряжение резания σ принимает большие значения, чем при точении.

С физической точки зрения условие $\sigma > \sigma_{сж}$ при точении обусловлено тем, что в знаменатель зависимости для определения условного напряжения резания $\sigma = P_z / S$ входит площадь поперечного сечения среза S , которая меньше фактической площади контакта образующейся стружки с передней поверхностью инструмента $S_{конт}$, условно определяемой зависимостью: $S_{конт} = P_z / \sigma_{сж}$.

Приведенные в табл. 1 расчетные значения температуры резания θ показывают, что для ее уменьшения (до приемлемого значения) необходимо уменьшить σ до значения, близкого к пределу прочности на сжатие обрабатываемого материала $\sigma_{сж}$. Однако выполнить данное условие достаточно сложно. Этим собственно и объясняется то, что при механической обработке температура резания θ достигает значений температуры плавления обрабатываемого материала, а это приводит к появлению на обрабатываемых поверхностях детали температурных дефектов (прижогов, микротрещин и т.д.). Особенно это относится к процессам шлифования материалов повышенной твердости, характеризующихся повышенной теплонапряженностью и низким качеством обрабатываемых поверхностей. Таким обра-

зом показано, что для уменьшения температуры резания θ необходимо уменьшать условное напряжение резания σ , что является основным условием обеспечения высококачественной обработки деталей машин.

Таблица 1– Расчетные значения условного напряжения резания σ при обработке стали 45 ($c \cdot \rho = 5 \cdot 10^6$ Дж/(м³·град.) = 5 Н/(мм²·град.))

θ , град.	100	300	600	900	1200	1500	1800	2000
$\sigma \cdot 10^3$, Н/мм ²	0,5	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10

Как показывает практика, уменьшить σ при точении можно обеспечением высокой остроты режущего лезвия инструмента, например, за счет применения инструментов из синтетических сверхтвердых материалов и с износостойкими покрытиями, позволяющих реализовать высокоскоростное резание, характеризующееся относительно низкими значениями σ . Это направление является наиболее предпочтительным при использовании современных сборных лезвийных твердосплавных и керамических режущих инструментов с износостойкими покрытиями зарубежного производства, поскольку позволяет одновременно уменьшить σ и θ .

При шлифовании уменьшить σ можно, в первую очередь, за счет уменьшения интенсивности трения связки круга с обрабатываемым материалом и осуществления резания острыми режущими зёрнами. Это достигается обеспечением режима интенсивного самозатачивания шлифовального круга, применяя высокопористые, импрегнированные и прерывистые круги [5], характеризующиеся высокой режущей способностью в процессе шлифования.

Зависимость для определения условного напряжения резания σ имеет вид: $\sigma = N / Q$ или $Q = N / \sigma$, где N – мощность резания, Вт. Как видно, основным условием повышения производительности обработки Q при заданной мощности резания N является уменьшение σ . При условии $\sigma = \sigma_{сж}$ можно реализовать максимально возможную производительность обработки. Однако, поскольку в реальных условиях механической обработки выполняется условие $\sigma > \sigma_{сж}$, то фактическая производительность обработки всегда меньше максимально возможной производительности обработки.

Теоретические решения подтверждены экспериментально. Так, применение сверла Ø33 мм (корпус сверла KSE250350390; режущая пластина SM565330, изготовленная из материала PREMIUM HSS M48 с износостойким покрытием TiAlN) производства компании YG1 (Корея) на операции глубокого сверления (с глубиной 220 мм и выходом на цилиндрическую поверхность детали из материала 09ГС2) показало его высокую работоспособность и позволило в 2 раза повысить производительность – основное время обработки отверстия составило 2 мин., а при существующей технологии – 4 мин. Частота вращения шпинделя 450 мм/мин., подача 0,33 мм/об, подача СОЖ производилась через державку в зону реза-

ния. В процессе резания имело место хорошее дробление и удаление стружки. Обработка детали (48 отверстий в ней) произведена за 96 мин. Стойкость режущей пластины составила 72 отверстия или 1,5 детали (144 минуты). Также применение данного инструмента позволило исключить из наладки операцию промежуточного сверления.

Выводы

Установлено, что основным условием существенного повышения производительности механической обработки является уменьшение условного напряжения резания (энергоёмкости обработки) до значения, при котором расчетная максимальная температура резания становится меньше температуры плавления обрабатываемого материала и появляется возможность значительного увеличения скорости резания. Реализовать это условие можно применением инструментов из синтетических сверхтвёрдых материалов и сборных твёрдосплавных инструментов с износостойкими покрытиями.

Список использованных источников:

1. Новиков Ф. В. Современные экологически безопасные технологии производства : монография / Ф. В. Новиков, В. А. Жовтобрюх, Г. В. Новиков. – Днепр : ЛИРА, 2017. – 372 с.
2. Новіков Ф. В. Фінішна обробка деталей різанням: монографія / Ф. В. Новіков, І. О. Рябенков. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2016. – 270 с.
3. Кленов О. С. Определение технологических возможностей современных режущих инструментов и методов механической обработки / О. С. Кленов // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: зб. наук. пр. – Краматорськ, 2017. – Вип. № 40. – С. 66-72.
3. Полянский В. И. Расчет температуры шлифования с учетом баланса тепла, уходящего в стружки и обрабатываемую деталь / В. И. Полянский // Сучасні технології в машинобудуванні: зб. наук. пр. – Вип. 13. – Харків : НТУ «ХПІ», 2018. – С. 51-59.
4. Якимов А. В. Оптимизация процесса шлифования / А. В. Якимов. – М. : Машиностроение, 1975. – 175 с.
5. Бобров В. Ф. Основы теории резания металлов / В. Ф. Бобров. – М. : Машиностроение, 1975. – 343 с.

References

1. Novikov, FV, Zhovtobryuh, VA & Novikov, GV 2017, *Sovremennye jekologicheski bezopasnye tehnologii proizvodstva*, LIRA, Dnepr.
2. Novikov, FV, & Riabenkov, IO 2016, *Finishna obrobka detalei rizanniam*, Kharkivskiyi natsionalnyi ekonomichnyi universytet imeni Semena Kuznetsia, Kharkiv.
3. Klenov, OS 2014, 'Opredelenie tehnologicheskikh vozmozhnostej sovremennyh rezhushhih instrumentov i metodov mehanicheskoy obrabotki', *Nadiinist instrumentu ta optymizatsiia tekhnologichnykh system*, Kramatorsk, iss. 40, pp. 66-72.
4. Poljanskij, VI 2018, 'Raschet temperatury shlifovanija s uchetom balansu tepla, uhodjashhego v struzhki i obrabatyvaemuju detal', *Suchasni tekhnologii v mashynobuduvanni*, Natsionalnyi tekhnichnyi universytet Kharkivskiyi politekhnichnyi instytut, Kharkiv, iss. 13, pp. 51-59.
5. Jakimov, AV 1975, *Optimizacija processa shlifovanija*, Mashinostroenie, Moskva.
6. Bobrov, VF 1975, *Osnovy teorii rezanija metallov*, Mashinostroenie, Moskva.

Стаття надійшла до редакції 12 листопада 2018 р.