

Р.М. Стрельчук, М.Д. Узунян, д-р техн. наук, Харьков, Украина

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ИНЖИНИРИНГА КАЧЕСТВА ШЛИФОВАНИЯ НАНОСТРУКТУРНЫХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ**

*Представлено результати досліджень і аналіз інжинірингу якості наноструктурних твердих сплавів після алмазно-іскрового шліфування. Показано, що вартісна оцінка якості поза сумнівом є важливим фактором при порівняльній оцінці різних технологій і способів виготовлення виробів.*

*Представлены результаты исследований и анализ инжиниринга качества наноструктурных твердых сплавов после алмазно-искрового шлифования. Показано, что стоимостная оценка качества несомненно является важным фактором при сравнительной оценке различных технологий и способов изготовления изделий.*

*The results of researches and analysis engineering quality nanostructure hard alloys are presented after a diamond-spark polishing. It is shown that a cost estimation of quality undoubtedly is an important factor at the comparative estimation of different technologies and methods of making of wares.*

Оценка, сравнение и анализ качественных характеристик изделий и инструмента в стоимостном выражении является перспективным направлением. Потребителя интересует надежность приобретенной продукции, экономическая целесообразность ее применения. Он считает, что качество стоит денег и качество приносит деньги, поэтому готов платить больше [1]. Таким образом, можно сделать вывод, что проблему качественного результата следует рассматривать не только и даже не столько при изготовлении изделий и инструмента, сколько в процессе их эксплуатации; понятно, что такие изделия найдут спрос на рынке.

Особенно важно оценивать надежность, например, инструмента в стоимостном выражении при создании и появлении новых инструментальных материалов, которые должны обеспечивать по своим физико-механическим свойствам и химическому составу потребности соответствующего технологического уклада. Если под технологическим укладом понимать совокупность технологий, определяющих признаки экономики, то создание новых инструментальных материалов является одним из факторов, который может обеспечить высокоэффективную обработку современных и новых труднообрабатываемых конструкционных материалов.

Как известно во всем мире в последнее время резко увеличивается производство тонкодисперсных и нанофазных материалов. В связи с этим представляет интерес разработанный новый наноструктурный твердый сплав «ВолКар» [2]. Особенностью данного инструментального материала является то, что в его составе только зерна WC и нет связующих, таких как кобальт,

никель и других дорогостоящих материалов. Исходный материал до прессования по специальной технологии представляет собой порошок WC с размерами 40-70нм, а в полученном твердом сплаве размеры зерен WC увеличиваются до 100нм. Высокие физико–механические свойства материала по сравнению с известными твердыми сплавами обеспечиваются высокодисперсными зернами и прочными граничными связями между ними, что объясняется малым временем и сравнительно невысокой температурой спекания. Применение режущих пластин из сплава «ВолКар» позволяет значительно повысить производительность обработки резанием.

С целью изучения возможностей рационального шлифования и применения шлифованных инструментов при их использовании представляет интерес проведение соответствующих исследований. Эксперименты проводились на универсально–заточном станке модели 3Д642Е, модернизированном для обработки методом алмазно–искрового шлифования (АИШ). Шлифование осуществлялось торцом круга 12А2-45<sup>0</sup> АС6 на металлической связке М1-01 с обратной полярностью подсоединением положительного полюса источника питания к алмазному кругу, а отрицательного – к обрабатываемому материалу. Источником питания являлся специальный генератор импульсов. Электрические режимы составляли: величина технологического тока  $I_{cp} = 5A$ , частота электроимпульсов  $f = 22кГц$ , скважность  $n_{ске} = 2$ . Изучалось влияние режимов резания – поперечной подачи ( $S_{поп}$ ), скорости резания ( $V$ ) и характеристик алмазного круга – зернистости ( $Z$ ), концентрации ( $K$ ) при этом оценивалась удельная себестоимость шлифования ( $C_{уд}$ , коп/см<sup>3</sup>). Отметим, что удельная себестоимость шлифования также как и относительный расход алмазов ( $q$ , мг/г) далеко не всегда отражает лучший вариант шлифования. Невысокая удельная себестоимость связана с низким относительным расходом алмазов (большой съем материала); при этом совершенно не гарантировано высокое качество шлифованных инструментов. Названные критерии являются косвенными и не отражают однозначно качественное состояние изделий и инструмента в реальных условиях эксплуатации. При определении оптимальных условий алмазно–искрового шлифования наноструктурного твердого сплава «ВолКар» применен подход, соответствующий инжинирингу качества. Для оценки реального состояния инструмента после шлифования в условиях эксплуатации, что важно для потребителя, применяются критерий, который оценивает интегральный показатель качества. Этот критерий учитывает стойкость инструмента, характеризуемую длиной пути резания в метрах ( $L$ , м) и соответственно себестоимость механической обработки резанием, а также удельную себестоимость шлифования и представляет собой суммарную технологическую себестоимость ( $C_m$ , коп/мин). Таким образом, фактически оценивается надежность инструмента в стоимостном выражении.

Технологическая себестоимость рассчитывалась по известной методике [3]. Формула для технологической себестоимости ( $C_m$ , коп/мин) имеет вид:

$$C_m = 37,2 + \frac{466,05 + 0,16C_{ш} V}{4L}, \quad (1)$$

где  $C_{ш}$  – удельная себестоимость шлифования (заточки), коп/см<sup>3</sup>;  $L$  – длина пути резания, м.

Длина пути резания  $L$  при точении рассчитывалась по формуле:

$$L = \frac{\pi dl}{1000S}, \quad (2)$$

где  $d$  – диаметр заготовки, мм;  $l$  – длина заготовки, мм;  $S$  – подача, мм/об.

Таким образом, изменение технологической себестоимости определяется влиянием двух факторов – себестоимостью шлифования и стойкостью инструмента.

Для оценки влияния варианта шлифования на стойкость инструмента необходимо установить оптимальные режимы резания, при которых следует производить испытания. Известно, что для каждой пары контактирующих инструментального и обрабатываемого материалов существует свое значение оптимальной температуры и скорости, при которой работоспособность режущего инструмента реализуется наиболее полно [4, 5]. Эксперименты проводились на токарно–винторезном станке 16К20 при точении без охлаждения закаленной стали ХВГ (HRC, 55...58), размеры заготовки  $d = 45$  мм,  $l = 200$  мм при следующих режимах:  $V = 110$  м/мин,  $S = 0,075$  мм/об,  $t = 0,2$  мм. Резцы имели следующие геометрические параметры:  $\gamma = -5^\circ$ ;  $\alpha = 8^\circ$ ;  $\lambda = 0^\circ$ ;  $\varphi = 45^\circ$ ;  $\varphi_1 = 15^\circ$ . За критерий затупления был принят износ по задней поверхности  $h_z = 0,4$  мм, который измерялся непосредственно на станке с помощью микроскопа «Мир – 2».

На рис. 1 представлена зависимость длины пути резания от скорости резания, значение которой можно считать оптимальной при проведении соответствующих системных испытаний инструментов; отметим, что подача и глубина резания несущественно влияет на значение оптимальной скорости резания. Выявленная скорость резания при точении наноструктурным твердым сплавом «ВолКар» ( $V = 110$  м/мин) была принята в качестве базовой при оценке оптимального варианта шлифования пластин по стойкостным показателям инструмента (длина пути резания  $L$ , м).

На рис. 2 представлены зависимости себестоимости шлифования ( $C_{ш}$ ) и суммарной технологической себестоимости ( $C_m$ ) от поперечной подачи ( $S_{поп}$ , мм/дв.ход). Как видно наименьшее значение  $C_{ш}$  обеспечивается при шлифовании с поперечной подачей  $S_{поп} = 0,15$  мм/дв.ход. Но при этом (табл. 1) стойкость инструмента при испытании оказывается наименьшей ( $L = 1100$  м). Наибольшая стойкость ( $L = 1350$  м) обнаруживается при шлифовании с  $S_{поп} = 0,05$  мм/дв.ход. Таким образом длину пути резания ( $L$ , м) можно считать определяющим фактором суммарной технологической

себестоимости, наименьшее значение которой обеспечивается при шлифовании инструментов с минимальной поперечной подачей.

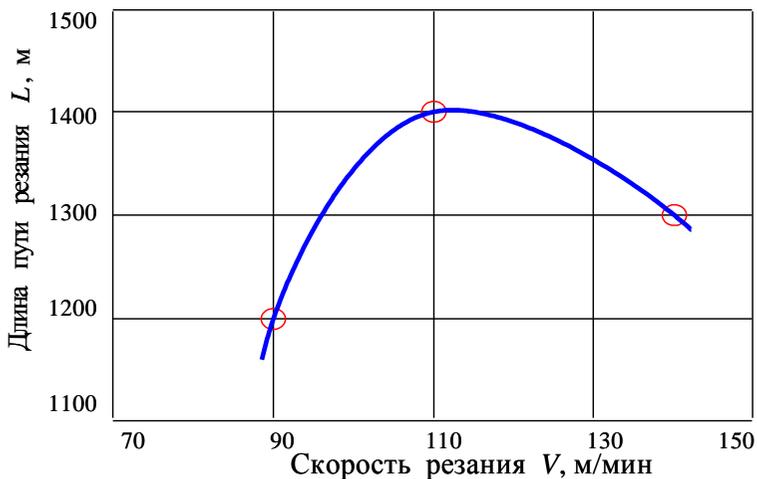


Рисунок 1 – Зависимость длины пути резания от скорости резания:  
 $S = 0,075$  мм/об,  $t = 0,2$  мин.

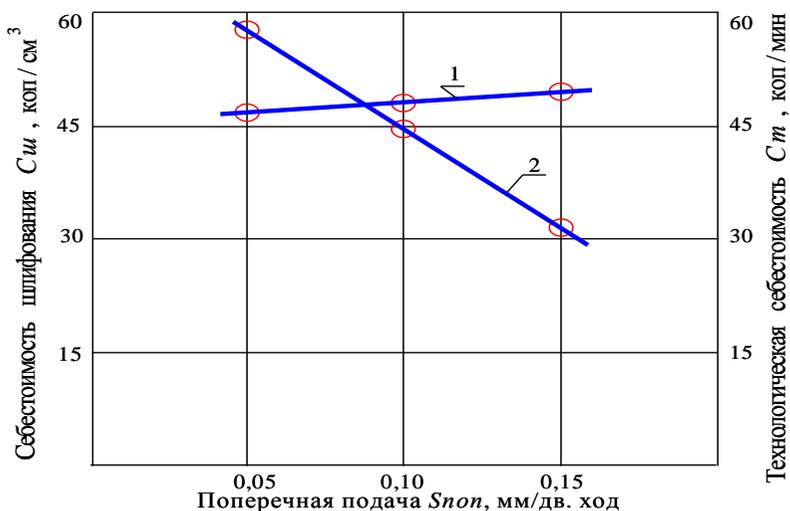


Рисунок 2 – Влияние поперечной подачи на себестоимость шлифования и технологическую себестоимость: 1–Технологическая себестоимость ( $C_t$ ), 2 – Себестоимость шлифования ( $C_{ш}$ )

$V=25$  м/с; круг 12A2-45° AC6 100/80 M1-01-4.

Таблица 1 – Влияние поперечной подачи ( $S_{поп}$ , мм/дв.ход) на длину пути резания ( $L$ , м)

Поперечная подачи $S_{поп}$ , мм/дв.ход	0,05	0,10	0,15
Длина пути резания $L$ , м	1350	1250	1000

Подобный характер соотношений, но менее контрастный обнаруживается и при анализе влияния скорости ( $V$ , м/с) на себестоимость шлифования и суммарную технологическую себестоимость (рис. 3). С ростом скорости до 35 м/с себестоимость шлифования снижается, что объясняется главным образом повышением производительности обработки. Но при испытании инструментов заточенных с этой скоростью стойкость их снижается (табл. 2), что естественно приводит к увеличению суммарной технологической себестоимости. Как видно из приведенных данных наименьшее значение  $C_m$  обеспечивается при скорости  $V = 15$  м/с, то есть оптимальное значение ее смещается в сторону меньших значений. Следовательно, можно констатировать, что на шадящих режимах шлифования сплава «ВолКар», несмотря на заметно более высокие значения себестоимости шлифования, что объясняется и большей энергоемкостью процесса, основной вклад в суммарную технологическую себестоимость, ее снижение, вносят качественные показатели, обеспечивающие более высокую стойкость шлифованных инструментов (длина пути резания  $L$ , м).

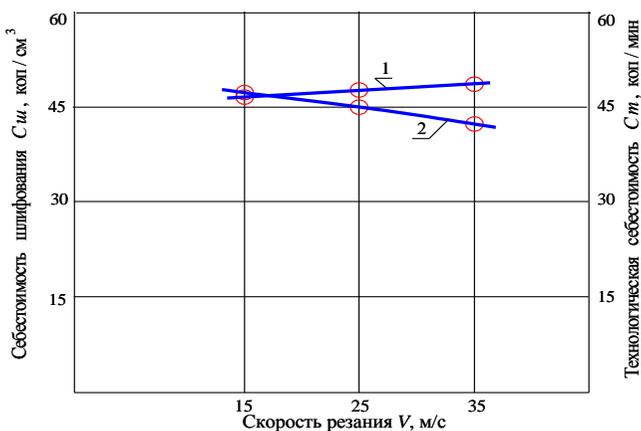


Рисунок 3 – Влияние скорости резания на себестоимость шлифования и технологическую себестоимость: 1–Технологическая себестоимость ( $C_m$ ), 2 – Себестоимость шлифования ( $C_{ш}$ )

$S_{поп} = 0,10$  мм/дв.ход; круг 12A2-45° AC6 100/80 M1-01-4.

Таблица 2 – Влияние скорости резания ( $V$ , м/с) на длину пути резания ( $L$ , м)

Скорость резания $V$ , м/с	15	25	35
Длина пути резания $L$ , м	1300	1250	1100

При анализе влияния зернистости ( $Z$ , мкм) и концентрации алмазных кругов ( $K$ ) на рассматриваемые показатели процессов шлифования и точения заметное различие не обнаруживается. Рассчитанные значения  $Ст$ , коп/мин получаются за счет соответствующих вкладов указанных ранее критериев (табл. 3, 4).

Таблица 3 – Влияние зернистости кругов ( $Z$ , мкм) на себестоимость шлифования и технологическую себестоимость

Зернистость кругов $Z$ , мкм	50/40	100/80	160/125	200/160
Себестоимость шлифования $Сш$ , коп/см <sup>3</sup>	48	45	38	36
Технологическая себестоимость $Ст$ , коп/мин	49	50	50	51

Таблица 4 – Влияние концентрации кругов ( $K$ ) на себестоимость шлифования и технологическую себестоимость

Концентрация кругов $K$	2	4	6	8
Себестоимость шлифования $Сш$ , коп/см <sup>3</sup>	53	45	36	32
Технологическая себестоимость $Ст$ , коп/мин	51	50	52	52

На основании изложенного можно утверждать, что качественные характеристики процессов обработки можно определять в стоимостном выражении, и следовательно стоимостная оценка качества несомненно является важным фактором при сравнительной оценке различных технологий и способов изготовления изделий.

**Список литературы:** 1. Харрингтон Дж. Х. Управление качеством в американских корпорациях. М. Экономика. – 1990. – 271 с. 2. Геворкян Э.С. Плотные и пористые конструкционные материалы из нано и субмикронных порошков WC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и SiC полифункционального назначения. Дисс. докт. техн. наук – Харьков, 2007 – 276 с. 3. Крючков В.Я., Узунян М. Д. Технологическая себестоимость обработки инструментами из безвольфрамовых твердых сплавов //Сб. докл. всесоюз. науч.-техн. конф.: Перспективы развития резания конструкционных материалов. – М., 1980. – с. 226–232. 4. Макаров А. Д. Оптимизация процессов резания. – М.: Машиностроение, 1976. – 178 с. 5. В.П. Зубарь Особенности применения лезвийного инструмента из сверхтвердых материалов // Современные технологии в машиностроении. – 2006. – Т 1. – С. 99–116.

Поступила в редколлегию 15.02.2010