

УДК 621.941.1**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ
ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ЗАМЕНЫ ШЛИФОВАНИЯ ТВЕРДЫМ ТОЧЕНИЕМ ПРИ
ВЫСОКОТОЧНОЙ ОБРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК ВЫСОКОЙ ТВЕРДОСТИ**

Ярослав Владимирович Александров

*Студент 4 курса, бакалавриат**кафедра «Металлорежущие станки»**Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана**Научный руководитель: Л.И. Вереина,**кандидат технических наук, доцент кафедры «Металлорежущие станки»*

На сегодняшний день сокращение станочных линий и продолжительности производственного цикла при повышении гибкости производства на всех металлообрабатывающих предприятиях является очень актуальным вопросом. Одной из областей, где активно развивается тенденция рационализации технологического процесса является высокоточная обработка заготовок высокой твердости. Благодаря развитию машиностроительного производства была предложена оптимизация данного процесса путем замены круглого шлифования «твердым точением». «Твердое точение» представляет собой обработку материалов твердостью выше HRC 47. Принцип точения закаленной стальной поверхности заключается в том, что в зоне среза из-за специально подобранной геометрии инструмента и режимов резания обрабатываемый материал нагревается и пластифицируется. В результате получается не элементная и не сливная стружка: она как бы течет. Если твердость материала составляет HRC 62, то в зоне среза пластифицированный материал имеет твердость HRC 25, а полученная стружка — HRC 45. Твердость готовой детали после обработки уменьшается всего на одну-две единицы. Поскольку силы резания велики, такую обработку применяют в качестве финишной операции с глубиной резания 0,1...0,3 мм [1]. Целесообразность замены шлифования «твердым точением» объясняется различными факторами. Основные преимущества этой технологии приведены в табл. 1 [2].

Таблица 1. Сравнение технологических особенностей шлифования и твердого точения

Шлифование	Твердое точение
1. Большое время настройки	1. Быстрая переналадка
2. Сложность обработки переходов	2. Обработка с одного установка
3. Большое время обработки	3. Минимальное время обработки
4. Минимальный съем	4. Большая глубина резания
5. Фасонные шлифовальные круги	5. Профильная обработка одним резцом
6. Высокая стоимость производства	6. Минимальные вложения
7. Вредная абразивная пыль	7. Чистый процесс резания
8. Требуется смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ)	8. Обработка производится без СОЖ

Одним из основных показателей, делающих «твердое точение» экономически выгодным по сравнению с шлифованием является время изготовления одной и той же детали – оно будет снижено до 70%. Так, например, при обработке кольца подшипника (рис. 1) по стандартной технологии время шлифования составляет 12 минут, а по технологии твердого точения (на станках фирмы NEMBRUG) – 86 секунд [3].

- Материал: 100Cr6**
- Твердость: 64 - 66 HRC**
- Конусность A: 1 мкм**
- **Ø 54: < 1 мкм**
- ◻ **Ø 54: 1.5 мкм**
- ◎ **AB: 1 мкм**
- Ra: < 0,1 мкм**

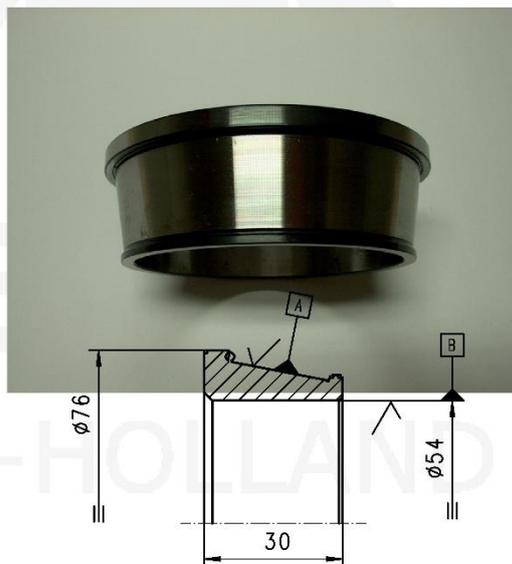


Рис. 1. Кольцо подшипника

При использовании технологии «твердого точения» возможна обработка сложнопрофильных заготовок одним резцом, что заметно снижает время обработки и ее стоимость. Обработка происходит с одного установка одним резцом. В случае шлифования необходимо применение трудоемкой правки шлифовальных кругов, либо применение различных стандартных абразивных кругов с обработкой каждой из поверхностей своим кругом, что видно из рис.2. Это сильно увеличивает время обработки, так как необходимо переустанавливать инструмент и перенастраивать оборудование, либо каждый раз переустанавливать заготовку на новый станок.

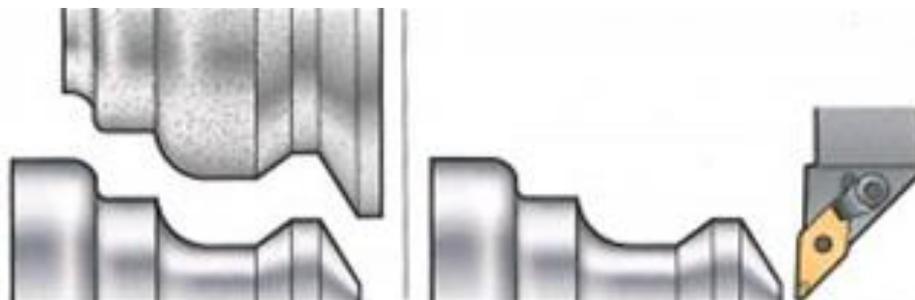


Рис. 2. Изготовление детали методами шлифования и «твердого точения»

Из табл. 2 видно, что процесс «твердого точения» не уступает по выходным параметрам шлифованию, что делает его пригодным для высокоточной обработки заготовок.

Таблица 2. Сравнение выходных параметров процессов шлифования и твердого точения

	Твердое точение	Шлифование
Количество удаляемого материала	150-1500 мм ³ /мин	10-60 мм ³ /мин
Круглость	0,5-1 мкм	0,2-0,5 мкм
Шероховатость Ra	0,2-0,5 мкм	0,1-0,4 мкм
Шероховатость Rz	1,5-4 мкм	1-3 мкм
Класс точности	IT 4-5	IT 3-4

Таким образом «твердое точение» на 30...70 % экономичнее шлифования: объем снимаемого материала в 2–3 раза ниже, при этом стоимость токарного станка повышенной точности ниже стоимости шлифовального, нет необходимости в применении смазочно-охлаждающих жидкостей, время обработки при точении ниже до 70%, чем при шлифовании. Затраты на трудовые ресурсы и постоянные издержки многократно ниже в случае обработки заготовок точением. Графические диаграммы, обосновывающие экономическую эффективность «твердого точения», представлены на рис. 3 [4].

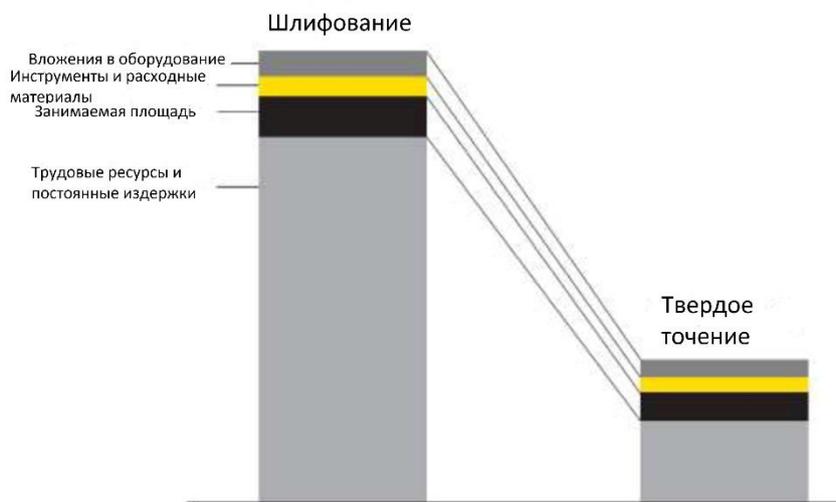


Рис.3. Оценка затрат на операции шлифования и твердого точения

К оборудованию и инструменту с помощью которого производится обработка предъявляются особые требования, обеспечивающие его пригодность.

Инструмент, используемый при «твердом точении», должен отвечать определенным требованиям, делающим его пригодным для данного вида обработки:

- Высокие твердость, прочность и износостойкость должны сохраняться при повышенной температуре, чтобы режущий инструмент имел устойчивость к термическому воздействию.
- Высокая динамическая прочность: идеальный режущий инструмент должен выдерживать ударную нагрузку в таких условиях, которые возникают из-за внезапного столкновения с микроструктурами заготовки и поэтому должны выдерживать динамически изменяющуюся нагрузку.
- Высокая износостойкость.

Наиболее распространенными инструментальными материалами для «твердого точения», являются керамика, карбиды, CBN и PCBN. Наиболее широко используемым инструментальным материалом является CBN, так как он имеет высокую твердость и хорошую теплостойкость. Из графика на рис. 4 видно, что CBN более устойчив при повышенных температурах около 1300° С, где алмаз стабилен только до отметки 800 °С, за которой он начинает демонстрировать значительное снижение твердости [4].

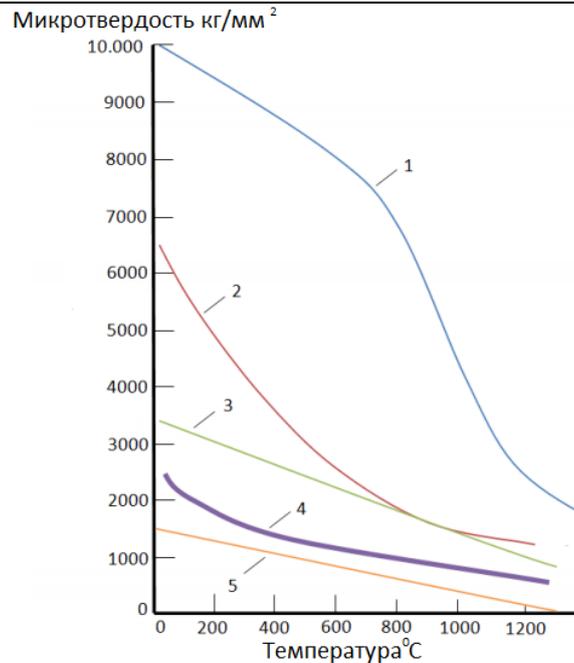


Рис. 4. Зависимость изменения твердости от температуры для различных инструментальных материалов:

1 – алмаз; 2 – CBN; 3 – SiC; 4 – Al₂O₃; 5 – 92% Wc, 8% Co

Процесс твердого точения сопровождается большими силами резания, что накладывает определенные требования на металлорежущее оборудование. Токарный станок для твердого точения должен иметь высокую статическую и динамическую жесткость, быть виброустойчивым, защищенным от термических воздействий. Основной тенденцией при конструировании станков для «твердого точения» является применение гидростатического шпинделя и гидростатических направляющих.

Шпиндельные узлы с гидростатическими опорами отличаются высокой жесткостью и точностью вращения, отсутствием износа, способностью работать с высокими нагрузками, хорошей демпфирующей способностью, отсутствием металлического контакта при пуске шпинделя. Данные характеристики шпиндельных узлов с гидростатическими опорами обусловили их применение в токарных станках для точения закаленной стальной поверхности.

Учитывая тот факт, что наибольшее влияние на процесс точения закаленной стальной поверхности оказывает статическая и динамическая жесткость станка, можно прийти к выводу о необходимости использования специальных направляющих для станков. Как известно, они выполняют несколько основных функций: обеспечение прямолинейности движения исполнительного органа, компенсацию динамических нагрузок, возникающих при резании, и демпфирование возникающих вибраций в зоне резания. Компенсация сил и вибраций наиболее важна для точения закаленной стальной поверхности, поскольку определяет шероховатость обработанной поверхности и период стойкости инструмента. Применение гидростатических направляющих позволяет устранить эту проблему. Направляющие данного типа обеспечивает хорошую способность к демпфированию, поскольку каретки и направляющие разделены слоем масла.

Немецкая фирма Hentbrug использует в своем оборудовании гидростатические опоры шпинделя и гидростатические направляющие, фундамент из натурального гранита, на который опирается стальная станина, залитая полимерным бетоном. Между гранитным основанием и станиной станка имеются демпферы, которые амортизируют все вибрации с

амплитудой выше 7 Гц [5]. Фундамент из натурального гранита не имеет внутренних напряжений, обладает превосходными свойствами демпфирования и низким коэффициентом теплового расширения, а, следовательно, высокой термической устойчивостью. Все эти свойства делают натуральный гранит идеальным материалом для создания станков для высокоточного точения закаленной стальной поверхности. Совокупность применяемых конструкторских решений позволяет изготавливать станки, способные обрабатывать заготовки из твердых материалов с высокой точностью.

Выводы:

Применение твёрдого точения взамен шлифования труднообрабатываемых материалов с сохранением сопоставимой точности обработки даёт следующие преимущества:

1. время обработки снижается до 70%;
2. затраты на трудовые ресурсы резко падают.

Литература

1. *Вереина Л.И.* Технологическое оборудование машиностроительного производства. – М.: Академия, 2015. – 448 с.
2. *Engg Jakub Siwiec* Hard Turning vs. Grinding – economical aspects. Режим доступа: <http://stc.fs.cvut.cz/history/2011/sbornik/papers/pdf/1100059-1.pdf> (дата обращения 24.02.2018).
3. Ультрапрецизионные токарные станки Hembrug. Режим доступа: <http://www.hembrug.com/machine-construction> (дата обращения 24.02.2018).
4. *Waleed Bin Rashid* Surface Defect Machining – A New Approach for Hard Turning: A dissertation Submitted for the degree of Doctor of Philosophy. Edinburgh., 2014. 141 с.
5. *Трофимов В.В., Несмеянов Е.А.* Регулирование амплитуды колебаний инструмента при обработке на многошпиндельных станках для твердого точения.// Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011, – № 3, С. 61–65.