

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

студент гр. 10305122 Каношкин А.Ю.

Научный руководитель – ассистент Гордиенко А. В.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Известно, что первобытный человек затачивал камнем кремниевые наконечники стрел и копий. Поэтому абразивную обработку, или обработку резанием, осуществляемую множеством абразивных зёрен, можно считать древнейшим способом обработки материалов.

Наиболее распространённым видом абразивной обработки является шлифование, определённое в ГОСТ 23505 как абразивная обработка, при которой инструмент совершает только вращательное движение, которое является главным движением резания, а заготовка – любое движение. В настоящее время доля шлифования составляет 43% среди основных способов обработки материалов резанием [1], рисунок 1. Шлифованием выполняется примерно 70% высокоточной обработки [2].

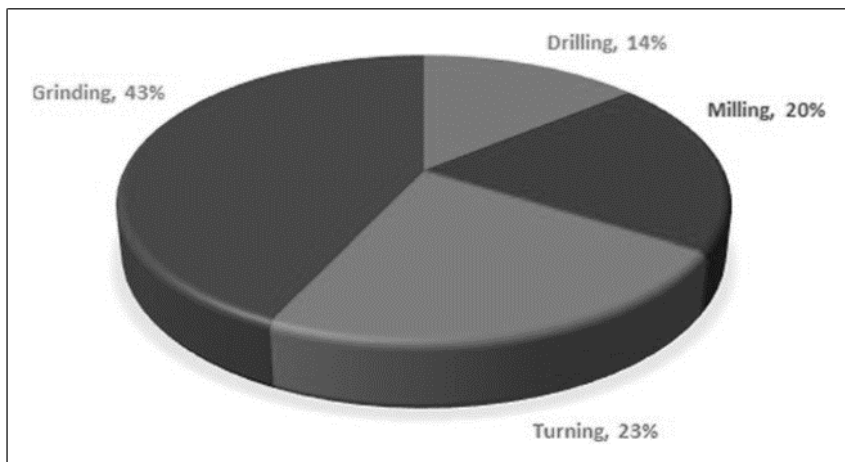


Рисунок 1 – Доли основных способов обработки резанием в обрабатывающей промышленности

Шлифовальные станки обеспечивают точность размеров по ИТ4-ИТ7. При традиционном шлифовании достигается параметр шероховатости обработанной поверхности $Ra=0,32\dots1,25$ мкм, при точном шлифовании – $Ra=0,08\dots0,32$ мкм, а на отдельных операциях – $Ra=0,02\dots0,08$ мкм.

Технологическими направлениями развития шлифовальных станков, позволяющими шлифованию выйти за пределы статуса отделочной операции и стать основным методом удаления металла являются следующие [2]:

- высокоскоростное шлифование;
- глубинное шлифование;
- быстроходное шлифование.

Согласно ГОСТ 23505, скоростное шлифование – это шлифование с рабочей скоростью абразивного инструмента свыше 35 до 60 м/с, а высокоскоростное – с рабочей скоростью свыше 60 м/с. Высокоскоростное шлифование широко применяется в производственных условиях в Европе и США. Если к 1995 году средняя скорость шлифования кругами из кубического нитрида бора (CBN) составляла 120 м/с, то к 2000 году – уже 160 м/с. Сообщается о создании и внедрении в производство станков, обрабатывающих высокопрочный чугун со скоростью 200 м/с. Лабораторные испытания проводились и проводятся при скоростях, достигающих 400 м/с, что свидетельствует о приходе эпохи ультраскоростного шлифования. В настоящее время ультраскоростное шлифование считается процессом, который приведёт к изменению всех аспектов шлифования и производства вообще.

Круги для скоростного шлифования стремятся делать равнопрочными и лёгкими с минимальным количеством отверстий и фланцев. Для этого предлагается использовать титано-алюминиевые сплавы, применяемые в аэрокосмической промышленности.

Традиционное глубинное шлифование производится при глубине резания 0,1...30 мм, скорости перемещения детали 0,05...0,5 м/мин и скорости круга 20...60 м/с. При этом достигается удельный съём 0,1...10 мм³/(мм·с). Поскольку в контакте с деталью одновременно находится больше абразивных частиц, чем при обычном шлифовании, постольку наблюдается сильное тепловыделение. Поэтому необходимо эффективное охлаждение.

Экспериментально установлена экстремальная зависимость температуры шлифования периферией круга от глубины резания при заданной производительности обработки (рисунок 2). Эта зависимость подтверждена математическим моделированием. Установлено, что при глубинном шлифовании максимальная температура, достигаемая в слое снимаемого припуска, в два раза больше температуры поверхностного слоя обрабатываемой детали. В итоге образующееся при глубинном шлифовании тепло не успевает распространиться вглубь, а уносится со стружкой.

На рисунке 3 показано, что существуют области целесообразного использования глубинного шлифования и такого комбинированного метода, как глубинно-скоростное шлифование с увеличенной скоростью подачи обрабатываемой детали (так называемое высокоэффективное глубинное шлифование). Когда эта скорость увеличивается, температура шлифования уменьшается из-за уменьшения времени, доступного для повышения температуры.

Быстроходным предлагается называть шлифование, характеризующееся скоростью перемещения стола до 200 м/мин при ускорении до 50 м/с^2 , глубине резания $0,001 \dots 1 \text{ мм}$ и скорости круга $30 \dots 200 \text{ м/с}$. Технологическая целесообразность метода обоснована экспериментальными исследованиями, которые показали, что при увеличении скорости стола снижаются силовые, энергетические и температурные показатели процесса шлифования.

Рассмотренные направления развития шлифовальных станков связаны с совершенствованием технологий шлифования, которые сопровождаются изменениями соотношения скоростей шлифовального круга и детали, их соизмеримостью и встречным направлением.

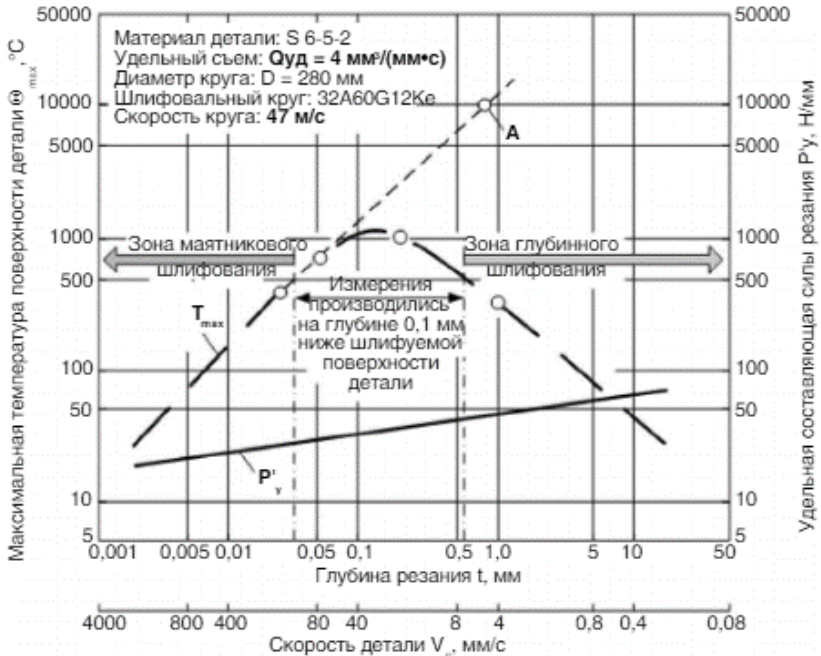


Рисунок 2 – Зависимость температуры поверхности детали от глубины резания и пропорционально изменяющейся скорости детали

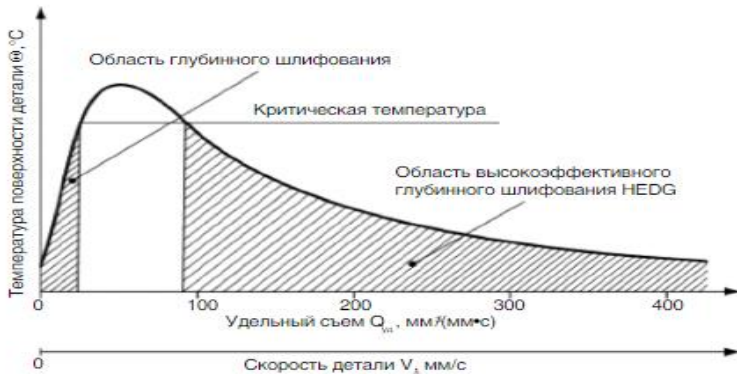


Рисунок 3 – Влияние скорости детали и удельного съёма материала на температуру поверхности при глубинном и высокоэффективном глубинном шлифовании

Ключевые направления совершенствования шлифовальных станков связаны с развитием их систем и показаны на рисунке 4.

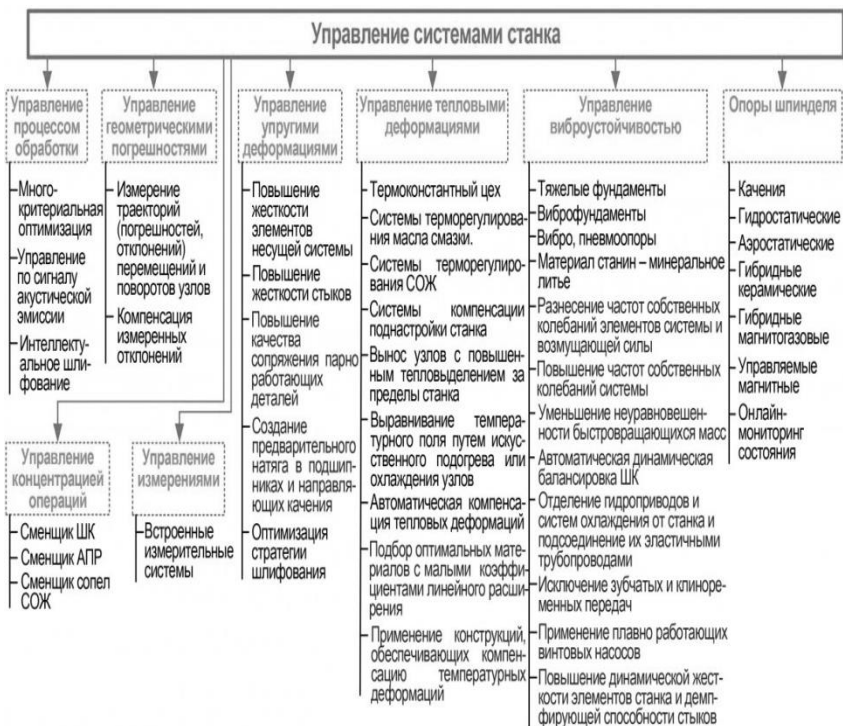


Рисунок 4 – Основные направления совершенствования шлифовальных станков

Характерным для современных шлифовальных станков становится применение лазерных технологий. Ограничением в применении лазерного оборудования являются большие капитальные затраты, а также необходимость защиты от излучения. Но в большинстве случаев использование лазеров экономически оправдано. На рисунке 5 показаны возможности применения лазеров в шлифовальных станках и процессах шлифования [4].

В частности, возможности измерительных технологий, основанных на применении лазерных интерферометров (рисунок 6), подтверждают целесообразность и эффективность их

промышленного освоения. Для этих технологий характерны универсальность, высокая скорость и точность в получении информации об объекте в виде облака точек, а также результирующий цифровой вид, что значительно расширяет возможности дальнейшей компьютерной обработки. Кроме того, трёхмерное описание объекта позволяет использовать новые методы анализа данных.

Лазерные измерительные технологии не только выполняют своё функциональное назначение, но и позволяют существенно повысить степень определённости случайного по своей природе процесса удаления припуска большим количеством абразивных зёрен. В результате повышается стабильность условий шлифования с гарантией достижения высоких параметров точности и шероховатости.



Рисунок 5 – Применение лазерных технологий в шлифовальных станках

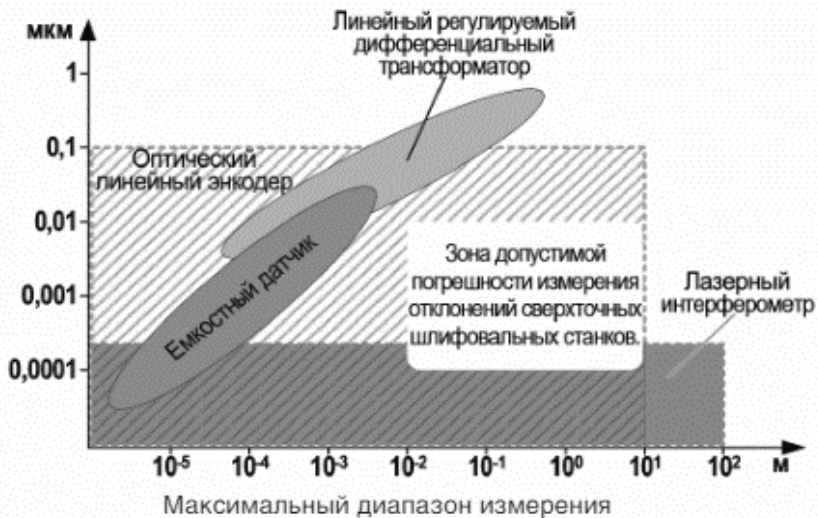


Рисунок 6 – Сравнение средств измерения по диапазону измерения и разрешающей способности

Литература

1. A comprehensive review on the grinding process: Advancements, applications and challenges. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/361519813>.
2. Ермолаев В. К. Современные шлифовальные станки: новые методы абразивной обработки (часть 1). – URL: <https://ritm-magazine.com/ru/public/sovremennye-shlifovalnye-stanki-novye-metody-abrazivnoy-obrabotki-chast-1> (дата обращения 15.05.2023).
3. Ермолаев В. К. Тенденции в развитии шлифования. – URL: <https://ritm-magazine.com/ru/public/tendencii-v-razviti-shlifovaniya> (дата обращения 16.05.2023).
4. Ермолаев В. К. Лазерные измерительные технологии в шлифовании. – URL: https://www.researchgate.net/publication/369118393_Lazernye_izmeritelnye_tehnologii_v_slifovanii (дата обращения 17.05.2023).