

УДК 621.9.011

ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ. ПРИНЦИПЫ, ПРЕИМУЩЕСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ

Давид Темболатович Цораев⁽¹⁾, Артур Анверович Насибуллин⁽²⁾

Студент 4 курса⁽¹⁾, студент 4 курса⁽²⁾,

кафедра «Металлорежущие станки»

Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана

Научный руководитель: А.Г. Ягопольский,

старший преподаватель кафедры «Металлорежущие станки»

Высокоскоростная механическая обработка (ВСО) является одной из современных технологий, которая в сравнении с обычным резанием позволяет повысить эффективность, точность и качество заготовок при одновременном снижении затрат и времени обработки. Несмотря на то, что высокая скорость обработки известна давно (первые попытки были сделаны в начале двадцатых годов прошлого века) существует еще множество вопросов определения ВСО. Первая формулировка ВСО была предложена Карлом Соломоном в 1931 году. Он предположил, что определенная скорость резания, которая в 5–10 раз выше обычной, повлияет на стружкообразование, таким образом, что температура режущей части инструмента начнет снижаться. (рис.1).

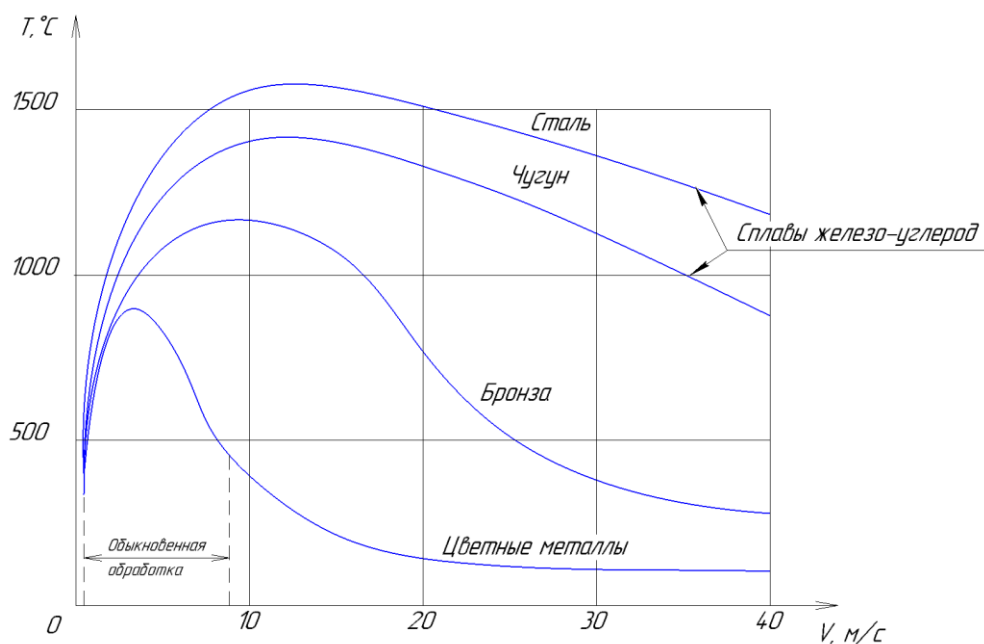


Рис. 1

Проводя эксперименты с циркулярными пилами, ученый отметил, что температура резания зависит от скорости не однообразно, а с определенным экстремальным характером, и таким образом он описал высокие скорости резания, которые получил в результате опытов (до 275 м/с). Впоследствии множество ученых, занимающихся данной технологией, описали более высокие скорости механической обработки (Кузнецов, 1947 г., 830 м/с; Кроненберг, 1958 г., 1200 м/с; Арндт, 1972 г., 2200 м/с) и по разному объясняли данный факт.

Использование ВСО характеризует понижение вращающего момента в областях высоких скоростей. При этом в небольших сечениях среза в данной области, температура распределяется следующим образом: в первую очередь сосредотачивается в отделяющейся стружке и не успевает сообщаться в саму заготовку. Из этого можно сделать вывод, что высокоскоростная обработка основывается на снижении тепла, возникающего при резании, тем самым уменьшая износ инструмента.

Технология ВСО использует надкритический диапазон колебаний, то есть при высоких частотах вращения превышаются частоты колебаний инструмента, детали и рабочих элементов станка. При этом силы резания уменьшены за счет меньших поперечных сечений среза. Все перечисленные качества позволяют обрабатывать мелкие детали и острые углы при помощи мелкого инструмента, которые в другом случае пришлось бы получать электроэрозионной обработкой.

К преимуществам ВСО следует отнести следующие пункты:

- Повышенная точность обработки.

Когда скорость резания увеличивается, сила резания уменьшается из-за явления, называемого тиксотропией (способность субстанции уменьшать вязкость от механического воздействия и увеличивать вязкость в состоянии покоя), материал размягчается из-за деформации сдвига, создаваемой режущей кромкой инструмента, а затем возвращается к исходным свойствам твердости. Это свойство особенно проявляется у алюминиевых сплавов, что делает алюминий идеальным кандидатом для ВСО.

- Уменьшение шероховатости.

Основываясь на исследованиях, методом высокоскоростной обработки, после достижения достаточно высокой скорости резания, наблюдается заметное уменьшение образования заусенцев. Это уменьшение является результатом как самой скорости резания, так и правильной геометрической формы режущей кромки.

Применение ВСО. ВСО применяется там, где необходимо быстро снять металл, а также при обработке сложных деталей:

- Обработка длинных тонкостенных алюминиевых деталей (например, деталей крыла и фюзеляжа самолетов). К данным деталям обычно предъявляются высокие требования по качеству обработки. Учитывая большие объемы срезаемого металла, высокое качество данных деталей возможно добиться только путем применения ВСО.

- Обработка штампов и пресс-форм, характеризующихся жесткими допусками, высокой точностью и низкой шероховатостью поверхности.

- Обработка деталей малых размеров, миниатюрных деталей в медицине и других отраслях, включая нано технологии.

- Обработка в ювелирной промышленности.

Для ВСО есть несколько критических параметров, например, глубина резания. Производители режущих инструментов дают рекомендации относительно параметров обработки, которые следует использовать. Ниже приведено сравнение скоростей, используемых при обработке

некоторых выбранных материалов с использованием обычных и ВСО методов (Табл. 1).

Существует множество способов изменения структуры обрабатываемого материала, например, термические (высокотемпературные и низкотемпературные), химическо-термические, магнитные и другие, а также различные их комбинации.

Одним из способов воздействия на физические свойства материалов является метод высокоскоростной обработки с дополнительным высокотемпературным или низкотемпературным воздействием.

Таблица 1

Обрабатываемый материал	Резцы (концевые фрезы, сверла), покрытые карбидом вольфрама, алмазные, керамические		Резцы с СМП (торцевые фрезы), из карбида вольфрама, алмазные, керамические, эльборовые	
	Обыкновенная скорость резания, м/с	ВСО, м/с	Обыкновенная скорость резания, м/с	ВСО, м/с
Чугун	2,5	6	6	20
Алюминий	5	50	10	60
Сталь	Сплав	1,3	4	3,5
	Коррозионная	1,8	2,5	2,5
	Твердая (HRC 65)	0,4	2	1,5
Титан	0,6	1	0,8	1,5
Суперсплав	1,8	1,3	3,5	6

Нагрев заготовки в сочетании с высокими скоростями резания значительно уменьшает образование пластических заусенцев или локализует их образование в зоне, ограниченной геометрическим профилем режущего лезвийного инструмента, что приводит к улучшению микрогеометрии поверхности детали.

Исследования шероховатости после ВСО с тепловым воздействием показали, что профиль характеризуется периодической составляющей, следовательно, при данном методе возможно улучшение показателей качества за счет регулирования режимов обработки, в частности за счет увеличения скорости резания V и уменьшения величины подачи S .

В случае ВСО с дополнительным охлаждением данные закономерности не работают, поскольку имеет место изменение механических свойств обрабатываемого материала. В работах Насад Т.Г. приведён анализ высокоскоростного резания, при котором был выявлен эффект охрупчивания. Результатом охрупчивания стало уменьшение доли пластической деформации при формировании шероховатой поверхности в условиях резания с высокими скоростями и низкими температурами. Это привело к уменьшению доли случайной составляющей и снижению шероховатости в 1,5-2,0 раза.

Очевидно, что при охлаждении заготовки происходит снижение температуры резания. В среднем значение температуры при комбинированной обработке на 20 % ниже температур при обычном резании, что позволяет использовать форсированные режимы резания.

Эффективность. Использование технологий ВСО необходимо для общего упрощения процесса производства, а также повышения качества и точности обработки. Для данного типа обработки необходимо соблюдение соответствий многих факторов, таких как выбор станка, системы ЧПУ, режущего инструмента, вспомогательного инструмента, система программирования, квалификация технолога, программиста и оператора станка с ЧПУ. При несоблюдении хотя бы одного из перечисленных пунктов может полностью обесценить все преимущества данной технологии. При использовании станков с ЧПУ, необходимо учитывать систему ЧПУ, так как именно она может ограничить ВСО за счет недостаточной скорости обработки данных. Для ВСО создают программы с достаточно малыми перемещениями для обработки

поверхностей высокого качества. Множество ведущих фирм предлагает широкую номенклатуру различных фрез для ВСО подробными инструкциями, ведь именно инструмент является важнейшим фактором в достижении необходимой точности поверхности.

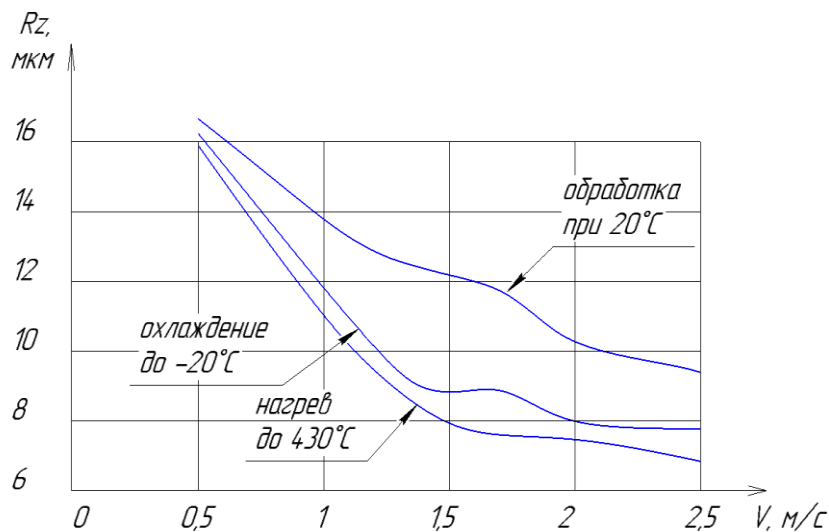


Рис. 2 Зависимости шероховатости от скорости резания и температуры заготовки

Несмотря на то, что стоимость станков и инструментов для ВСО в несколько раз дороже стандартных их аналогов, следует учитывать все преимущества ВСО перед традиционной обработкой. При грамотной настройке и большой загрузке станков стратегия ВСО способна довольно быстро окупить все затраты.

Литература

1. *Насад Т.Г.* Высокоскоростная обработка труднообрабатываемых материалов /
2. *Т.Г. Насад, И.Е. Кирюшин, Д.Е. Кирюшин.* Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2009. 148 с.
3. *Седов Д.И.* Качество обработанной поверхности при высокоскоростной обработке с низкотемпературным охлаждением / Д.И. Седов, Т.Г. Насад // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. №2 (56). С. 126-129.
4. *Ashley S.,* High – speed machining goes mainstream, *Mechanical Engineering*, May 1995, (56 – 61).