

УДК 621.941

НАРЕЗАНИЕ ХОДОВЫХ ВИНТОВ НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРЕССИВНЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Шемякин Илья Валерьевич

*Студент 5 курса,
кафедра «Технологии машиностроения»,
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Л.И. Вереина,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Металлорежущие станки»,
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

Актуальными задачами технологии машиностроения является повышение производительности обработки при сохранении требуемой точности размеров и качества обработанной поверхности.

Режущий инструмент и станок являются теми средствами, без которых невозможно полностью достичь высоких производительности и точности обработки.

Применение новых инструментальных материалов и конструкций резцов позволяет, реализуя более высокие скорости резания, снизить износ резцов и увеличить период стойкости при обработке материалов, особенно труднообрабатываемых. К таким инструментальным материалам относятся:

– *твердые спеченные сплавы группы ОМ* (мелкозернистые сплавы), и наиболее эффективны для обработки труднообрабатываемых материалов твердые сплавы группы ХОМ, в которых карбид тантала заменен карбидом хрома (легирование сплавов карбидом хрома увеличивает их прочность при высоких температурах);

– *минералокерамические материалы*, основной частью которых является окись алюминия. Кроме того, в минералокерамику добавляют вольфрам, титан, тантал и кобальт. В промышленности применяют минералокерамику марки ЦМ-332, которая отличается высокой теплостойкостью (твердость 89...95 HRC при температуре 1200°C) и износостойкостью, что позволяет вести обработку при высоких скоростях резания (например, чистовое обтачивание чугуна при скорости резания 370 м/мин, что в два раза выше скорости резания при обработке твердосплавным инструментом). Недостатком минералокерамики марки ЦМ-332 является повышенная хрупкость;

– для обработки сталей твердостью 40...67 HRC применяют резцы, режущая часть которых изготовлена из *сверхтвердых материалов* (СТМ) [5]. К этой группе относятся материалы на основе нитрида бора — эльбор-Р, твердость которого приближается к твердости алмаза, а теплостойкость в два раза выше. Эльбор-Р химически инертен к материалам на основе железа. Прочность поликристаллов на сжатие 4000...5000 МПа, на изгиб — 700 МПа, теплостойкость 1350...1450°C;

– *синтетические алмазы* типа баллас (марка АСБ) и типа карбонадо (марка АСПК). Карбонадо химически более активен к углеродсодержащим материалам, поэтому его следует применять для точения цветных металлов и высококремнистых сплавов. Стойкость резцов из карбонадо в 20 — 50 раз выше стойкости резцов из твердых сплавов.

Кроме того, в промышленности в настоящее время получило широкое распространение, для увеличения периода стойкости режущего инструмента из

быстрорежущей стали, нанесение износостойких покрытий из карбидов вольфрама или нитридов титана.

Например, одним из новых способов повышения стойкости быстрорежущих сталей является их изготовление способами гидростатического и гидродинамического выдавливания, что увеличивает их стойкость в 1,5...2,5 раза.

Интерес представляет метод магнитной обработки быстрорежущих сталей, позволяющий значительно повысить период стойкости инструмента. Кроме того, вследствие магнитной обработки повышается твердость и пластичность режущего материала, а после переточки сохраняется повышенная стойкость. Длительность магнитной обработки — 10...180 с, частота импульсов не более 10 Гц. Наиболее совершенные установки для магнитной обработки имеют адаптивные системы управления, позволяющие автоматически изменять режим обработки в зависимости от размеров инструмента.

Повышение стойкости инструментов из быстрорежущей стали может быть достигнуто также методом термодиффузионного упрочнения [2], при котором на режущие поверхности инструмента за счет диффузии наносится слой хрома, молибдена или ванадия, обеспечивающими повышение твердости и износостойкости.

Существует ряд установок «Булат», служащих для нанесения износостойких покрытий на быстрорежущие и твердосплавные инструменты методом ионной бомбардировки. Материал покрытий (титан, молибден, бор и др.) испаряется и в среде азота конденсируется на инструменте, вследствие чего образуется пленка, например нитрида титана. При толщине пленки 5...7 мкм период стойкости инструмента повышается в среднем в 2...6 раз в зависимости от обрабатываемого материала и условий обработки. Широкое распространение получили многослойные покрытия, однако после каждой переточки покрытие нужно наносить заново.

Получает распространение повышение стойкости резцов покрытием дисульфидом молибдена [11], повышение стойкости при этом достигается в 2...2,5 раза. Самым простым способом нанесения такого покрытия является простое натирание режущего лезвия карандашом из дисульфида молибдена (предварительно натираемую поверхность необходимо обезжирить). Другой способ — окунание обезжиренной поверхности в жидкий дисульфид молибдена с последующим выдерживанием в печи при температуре 100...150°C. Этот способ также требует нанесения покрытия после каждой переточки.

Лазерное упрочнение быстрорежущих и других инструментальных сталей дает высокую твердость и стойкость за счет фазовых превращений металла поверхностного слоя на заданном участке инструмента. При этом свойства основного материала сохраняются неизменными.

При необходимости срезания больших припусков на деталях из высокопрочных и труднообрабатываемых материалов повышение производительности обработки и стойкости инструментов может быть достигнуто за счет применения терморезания, т.е. обработки нагретой детали. В результате нагрева поверхностного слоя уменьшается его сопротивление резанию, снижаются нагрузки на инструмент, при этом в качестве режущего инструмента предпочтительнее использовать керамический или твердосплавный.

Нагрев заготовки может быть общим или локальным в зоне резания. Локальный нагрев может быть выполнен: токами высокой частоты (индукционный способ), электроконтактным способом (низковольтным переменным током, подводимым к заготовке специальными вращающимися роликами), инфракрасным излучением; электролитическим нагревом; плазменным нагревом. Нагрев плазменной струей дает

возможность обрабатывать и токопроводящие материалы, а нагрев электрической дугой – только токопроводящие.

Все это позволяет использовать высокие научно-обоснованные режимы резания, получая при этом высокую производительность обработки, сохраняя оптимальный период стойкости резца.

При нарезании резьбы с использованием прогрессивных режущих инструментов разработаны конструкции резцов с клеевым соединением режущей пластины и ее механическим креплением [6].

Имеется достаточный опыт применения новых прогрессивных режущих инструментов при обтачивании, растачивании, рассверливании, фрезеровании, протягивании и других видах обработки заготовок из металлов. Недостаточно опубликованы результаты внедрения прогрессивных инструментальных материалов при нарезании резьбы резцом, особенно на длинных ходовых винтах.

Одной из причин трудности внедрения прогрессивных режущих инструментов является то, что выпускаемые ранее модели токарно-винторезных станков (16К20, 1М620 и др.) были разработаны без учета возможностей работы резцов с высокими скоростями и большой глубиной резания: на токарно-винторезных станках нельзя было осуществить частоту вращения более 3000 мин^{-1} и эффективную мощность резания более 10 кВт, а специализированные токарно-винторезные станки, например мод. 1622, предназначенные для нарезания резьбы на ходовых винтах длиной от 2500 до 5000 мм, имели максимальную частоту вращения заготовки 80 мин^{-1} и мощность электродвигателя 4 кВт.

Задачей является определить область применения универсальных и специализированных токарно-винторезных станков для изготовления ходовых винтов с использованием прогрессивных инструментальных материалов.

В металлорежущих станках с ручным управлением отечественного производства применяются в основном ходовые винты с трапецеидальной резьбой диаметрами от 20 до 120 мм. При выполнении чистовой токарной обработки наружных поверхностей ходовых винтов предпочтительно выполнять лезвийную обработку [1, 7], так как она практически исключает термические повреждения обработанной поверхности (прижоги), которые получаются при абразивной обработке.

Определим, какую частоту вращения должен сообщать главный привод при чистовой токарной обработке наружных поверхностей заготовки ходового винта, зная, что частота вращения n связана со скоростью резания v следующей зависимостью

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d_{\text{заг}}}$$

Для диаметра ходового винта 20 мм при чистовой обработке наружной поверхности минералокерамическими резцами рекомендуется [4] скорость резания $v = 488 \text{ м/мин}$.

Подставив в формулу скорость резания $v = 488 \text{ м/мин}$, а вместо $d_{\text{заг}}$ (диаметра заготовки) диаметр ходового винта, равный 20 мм, получим:

$$n = \frac{1000 \cdot 488}{\pi \cdot 20} = 7770 \text{ мин}^{-1}$$

Рассчитаем значение частоты вращения главного привода для следующего диапазона диаметров ходового винта от 24 до 44 мм:

При $d_{\text{заг}}=24 \text{ мм}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 488}{\pi \cdot 24} = 6472 \text{ мин}^{-1}$$

При $d_{\text{заг}}=28$ мм:

$$n = \frac{1000 \cdot 488}{\pi \cdot 28} = 5548 \text{ мин}^{-1}$$

При $d_{\text{заг}}=32$ мм:

$$n = \frac{1000 \cdot 488}{\pi \cdot 32} = 4854 \text{ мин}^{-1}$$

При $d_{\text{заг}}=36$ мм:

$$n = \frac{1000 \cdot 488}{\pi \cdot 36} = 4315 \text{ мин}^{-1}$$

При $d_{\text{заг}}=40$ мм:

$$n = \frac{1000 \cdot 488}{\pi \cdot 40} = 3883 \text{ мин}^{-1}$$

При $d_{\text{заг}}=44$ мм:

$$n = \frac{1000 \cdot 488}{\pi \cdot 44} = 3530 \text{ мин}^{-1}$$

При обтачивании наружной поверхности на отечественных универсальных токарно-винторезных станках (см. технические характеристики моделей 16К20, 1600, 16Т03А и др.) а также и на токарных станках с ЧПУ (модели 16С05АФ1, 16Б16Ф3 и др.) главный привод не обеспечивает такой частоты вращения шпинделю.

Аналогичными расчетами установлено, что чистовую токарную обработку наружных поверхностей с использованием прогрессивных инструментальных материалов можно выполнять только для диаметров ходовых винтов 60...120 мм, которые, следует отметить, применяются крайне редко.

Второй момент, который необходимо выяснить, сколько потребуется мощности при черновой обработке наружной поверхности, если использовать рассмотренные выше прогрессивные инструментальные материалы.

Рассмотрим, какая мощность главного привода потребуется при черновой обработке наружных поверхностей ходовых винтов при использовании прогрессивных режущих инструментов [8].

Сила резания P_z определяется по формуле [9,10]:

$$P_z = C_p \cdot t^{X_p} \cdot S_o^{Y_p} \cdot K_M.$$

Рассчитаем силу резания P_z при черновой обработке [1, 3] наружной поверхности с глубиной резания $t=2$ мм, продольной подачей $S_o=0,16$ мм/об и коэффициентами $X_p=1$, $Y_p=1$ и $K_M=1,3$, зависящими от обрабатываемого материала заготовки и этапа обработки.

Подставив в эту зависимость $C_p=1950$, $t^{X_p}=2^1$, $S_o^{Y_p}=0,16^{0,81}$ и $K_M=1,3$, получим $P_z=1149$ Н.

Зная P_z , можно определить эффективную мощность резания [6]:

$$N_{\text{эф}} = \frac{1149 \cdot 434}{60000} = 8,3 \text{ кВт.}$$

Отсюда следует, что электродвигатель должен иметь мощность (без учета коэффициента безопасности):

$$N_{\text{эд}} = \frac{N_{\text{эф}}}{\eta} = \frac{8,3}{0,8} = 10,4 \text{ кВт.}$$

Из имеющихся в станочном парке токарно-винторезных станков, удовлетворяют такому требованию только несколько моделей, это: 1М63Ц, 16К30П, 165, РТ-25С3, РТ-436 и РТ-539, причем они имеют невысокую частоту вращения шпинделя (первые три модели 1250 мин^{-1} , а последние три – 500 мин^{-1}), что совершенно недопустимо при использовании высокопроизводительных инструментальных материалов.

Проведенные расчеты показывают, что на существующих моделях универсальных токарно-винторезных станков нельзя эффективно использовать новые прогрессивные инструментальные материалы.

Другой проблемой является нарезание резьбы на длинных ходовых винтах (длиной 5000 мм). Существуют два исполнения модели специализированного токарно-винторезного станка 1622, кинематика которых обеспечивает максимальную частоту вращения шпинделя 80 мин^{-1} и мощность главного привода 4 кВт. На этих станках осуществляется только чистовое нарезание резьбы на ходовом винте. В то же время среди универсальных токарно-винторезных станков имеется только две модели (РТ-25С3 и РТ-25), на которых можно выполнить обтачивание наружной поверхности ходовых винтов такой длины, притом, совершенно не используя новые высокоскоростные инструментальные материалы, так как максимальная частота вращения шпинделя на этих станках 1250 мин^{-1} .

Вывод.

Для эффективного применения существующих современных прогрессивных инструментальных материалов и повышения производительности обработки наружных поверхностей ходовых винтов необходимо серьезно модернизировать главный привод универсальных токарно-винторезных станков, повысив мощность главного привода и увеличив частоту вращения шпинделя. Для этого необходимо устранить шестеренные коробки скоростей и использовать в главном приводе современные электродвигатели большей мощности с бесступенчатым регулированием и высокой частотой вращения его вала, например, Siemens 1LE.

Литература

1. *Бабушкин А.З.* Технология изготовления металлообрабатывающих станков и автоматических линий: Учеб. пособие для учащихся машиностроительных техникумов / А. З. Бабушкин, В. Ю. Новиков, А. Г. Схиртладзе. – М. : Машиностроение, 1982. – 272 с.
2. *Багдасарова Т. А.* Токарь-универсал: учеб. пособие для нач. проф. образования / Т. А. Багдасарова. — М.: Изд. центр «Академия», 2004. — 288 с.
3. *Барановский Ю.В.* Режимы резания металлов: Справочник. — Л.А. Брахман, А.И. Гдалевич и др. — М.: НИИТавтопром, 1995. — 495 с.
4. *Верейна Л. И.* Справочник станочника: учебное пособие для нач. проф. образования / Л.И. Верейна, М.М. Краснов. — 2-е изд., — М. : Изд. центр «Академия», 2008. — 560 с.
5. *Верещака А.С.* Анализ проблемы использования экологически безопасного сухого резания. / Материалы XII Международного научно-технического семинара

«Высокие технологии: Тенденции развития». — Ю.В. Полоскин, А.К. Кириллов и др. — Харьков, ХПИ, 2002.

6. Краткий справочник металлиста / под общ. ред. А. Е. Древаля, Е.А. Скороходова. 4-е изд. перераб. и доп. М. : Машиностроение, 2005. — 959 с.

7. Мухин А.В. Производство деталей металлорежущих станков: Учеб. пособие для машиностроительных специальностей вузов / А.В. Мухин, О.В. Спиридонов, А.Г. Схиртладзе и др. — М. : Машиностроение, 2001. — 560 с. ил.

8. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник / В.И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина и др.; Под ред. В.И. Баранчикова. — М.: Машиностроение, 1990. — 400 с.

9. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. — М.: Машиностроение, 2001. —Т.1 / 2001.— 910с

10. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А.М. Дальского, А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. — М.: Машиностроение, 2001. Т.2 / 2001. — 944с.

11. Справочник токаря-универсала / Д. Г. Белецкий, В. Г. Моисеев, М.Г. Шеметов; Под ред. М.Г. Шеметова.— М.: Машиностроение, 1987.— 560 с.