

Секция «Резание материалов и режущий инструмент»

М.А. Климова, Н.Н. Юдаева
Научный руководитель: к.т.н., заведующий кафедрой ТМС А.В. Карпов
Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
602264, Владимирская обл., г. Муром, ул. Орловская, д. 23
E-mail: julmarg@yandex.ru

Оптимизация процесса разрезания стального проката круглыми сегментными пилами

В практике заготовительных цехов машиностроительных предприятий широко распространён технологический процесс разрезания круглого стального проката (прутков большого диаметра) дисковыми сегментными пилами на фрезерно-отрезных полуавтоматах. Главным движением резания при этом является вращение дисковой пилы, а движением подачи – поступательное перемещение инструмента по сечению заготовки. Характерной особенностью такого процесса является непостоянство активной длины контакта периферии пилы с разрезаемым прутком. Периметр резания есть величина переменная: в течение первого этапа разрезания увеличивается от нуля до максимума, а на втором этапе постепенно уменьшается от максимального значения до нуля.

Аналогично, по параболическому закону, в течение времени обработки изменяются крутящий момент на шпинделе, сила и мощность резания, вследствие чего механизмы станка и зубья пилы испытывают переменные механические и тепловые нагрузки, что влечёт их ускоренное изнашивание.

Для продления ресурса работы оборудования и инструмента представляется целесообразным перейти к плавному, бесступенчатому регулированию минутной подачи инструмента в течение времени резания. Чем выше перекрытие диска пилы с разрезаемым прутком, тем меньше должна быть скорость подачи и наоборот. При этом ни суммарные энергозатраты, ни общее время выполнения операции не должны возрасти по сравнению с вариантом разрезания, при котором скорость подачи пилы постоянна.

Проведённый геометрико-кинематический анализ закономерностей процесса разрезания позволил установить математические выражения для определения величин следующих параметров:

- 1) перемещения $L_{кр}$ пилы по сечению прутка, при котором торцовое перекрытие, а вместе с ним - крутящий момент, сила и мощность) достигают своих максимальных значений;
- 2) минутной подачи пилы $s_{кр}$ в момент достижения пути $L_{кр}$ - отдельно для случаев использования дисковых сегментных пил с зубьями из быстрорежущей стали и твёрдого сплава.

Получены математические модели регулирования минутной подачи пилы в зависимости от диаметров инструмента и заготовки (D и d соответственно), а также мгновенного значения L перемещения пилы по сечению разрезаемого прутка. Для дисковых пил с быстрорежущими зубьями эта математическая модель имеет вид:

$$s_i = s_{кр} \cdot \left(\frac{D + d - \sqrt{D^2 - d^2}}{2 \cdot L_i} \right)^{\pm 1,194} \quad (1)$$

При бесступенчатом регулировании мгновенной величины минутной подачи дисковой пилы в процессе разрезания круглого стального проката с использованием предложенных математических моделей удаётся стабилизировать значения крутящего момента на шпинделе фрезерно-отрезного полуавтомата, силы и мощности резания в течение всего процесса разрезания.

Во избежание поломки зубьев пилы при скоростном врезании в заготовку начало регулирования осуществляется после внедрения пилы в металл на расстояние, равное высоте зуба.

Повышение износостойкости и режущих свойств быстрорежущих сталей при криогенной обработке

В структуре закаленной стали имеется некоторое количество достаточно мягкого остаточного аустенита, что обусловлено ее химическим составом и режимом термообработки. В результате этого понижаются твердость, прочность, теплопроводность и магнитные свойства, возрастает вязкость стали, изменяются размеры, ухудшается качество поверхности изделия. Для улучшения структуры закаленной стали, уменьшения в ее составе количества аустенита, повышения качества и прочности изделий наиболее рационально использовать криогенный метод. Обработка холодом, проводится путем охлаждения стали до криогенных температур, то есть до $-40...-150^{\circ}\text{C}$ на определенный период времени, затем обрабатываемый материал какое-то время находится в среде с данной температурой и затем медленно возвращается в среду с нормально комнатной температурой. Такое медленное возвращение к комнатной температуре необходимо во избежание криогенного шока металла, что, в свою очередь, может вызвать трещины и разломы в материале или же даже разломы во внутренней молекулярной структуре. Криогенная обработка позволяет улучшить механические и режущие свойства инструментов, повысить их износостойкость и твердость. В качестве основного криореагента выступает твердый углекислый газ (сухой лед).

При оценке целесообразности назначения криогенной обработки стали необходимо учитывать следующие факторы: повторное охлаждение закаленной стали не улучшает ее свойств, если при этом не достигаются температуры более низкие, чем при закалке, наибольшие структурные изменения под влиянием криогенных температур происходят в сталях с повышенным содержанием остаточного аустенита, закономерности изменения размеров детали в результате аустенитно-мартенситных превращений следует определять опытным путем для конкретного химического состава стали в зависимости от режимов предыдущей термообработки и конфигурации детали; при обработке детали особо сложной формы с неравномерным распределением массы рекомендуется немедленно после закалки применять отпуск для снятия закалочных напряжений; охлаждение ниже нуля непосредственно после закалки увеличивает напряжения и опасность образования трещин; криогенная обработка приводит к росту объема структурных составляющих при распаде остаточного аустенита.

Резцы из быстрорежущей стали P18 обрабатывали при криогенных температурах с двухкратным отпуском при 540°C с выдержкой по одному часу. Обработанные таким образом резцы показали повышение их стойкости в 1,8..2 раза по сравнению с неподвергнутыми криогенной обработке. Огромным плюсом криообработки является отсутствие короблений. При обычной термообработке коробления происходят из-за неравномерного нагрева и охлаждения деталей, в процессе криообработки этот фактор полностью исключен, коробления отсутствуют вне зависимости от формы и размеров обрабатываемых изделий. При испытании стали P18 было выявлено увеличение твердости до 65-67 HRC. Существует особенность, несколько снижающая эффективность данного метода – режущий инструмент используют впервые двое суток после обработки в среде «сухого льда». Дальнейшее использование инструмента возможно, но без существенного эффекта повышенной стойкости. При необходимости дальнейшего использования режущего инструмента с повышенной стойкостью его перезатачивают и снова подвергают ударному охлаждению с использованием впервые двое суток.

А.В. Яшин
Научный руководитель: к.т.н., доцент С.В. Гусев
Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
602264, Владимирская обл., г. Муром, ул. Орловская, д. 23
E-mail: oid@mivlgu.ru

Повышение качества инструмента из быстрорежущей стали методом фосфатирования

Инструмент из быстрорежущей стали является дорогостоящим и требует своевременного ухода, вследствие своих физико-механических свойств. Эффективность применения быстрорежущего инструмента обуславливается множеством факторов: состояния оборудования, его наладки, износа рабочих органов и поверхностей, а также обрабатываемого материала.

Одним из способов уменьшения влияния всех этих факторов является фосфатирование. Фосфатирование – процесс нанесения (осаждения) фосфатной пленки на поверхность режущего инструмента различного типа и деталей, работающих на истирание, для защиты от коррозии и повышения их износостойкости.

Оборудованием для фосфатирования служат ванны для обезжиривания, затем идет промывка в проточной воде и фосфатирование (используются растворы $Zn(H_2PO_4)_2$; $Zn(NO_3)_2$; H_3PO_4). При температуре около $95^{\circ}C$ инструмент выдерживают в растворе в течении от 10 до 30 минут.

Образующийся на поверхности инструмента фосфатированный слой не окисляется кислородом, поэтому пленки обладают высокими защитными свойствами. Структура фосфатной пленки определяет ее пористость, маслостойкость и антифрикционные свойства. Дополнительная обработка повышает степень ее защиты. Такая обработка проводится в растворах промасливанием и окраской. Ввиду своей пористости пленка склонна к образованию задиров. Толщина фосфатной пленки, образующейся в растворах для фосфатирования, может достигать 7 – 50 мкм. Фосфатные пленки имеют большую прочность сцепления с металлами и не смачиваются расплавленными металлами.

Например, концевые фрезы из быстрорежущей стали Р18 подвергают фосфатированию в растворе препарата “Мажеф”. После такой обработки стойкость фосфатированного инструмента на 40–50% выше стойкости неупрочненного инструмента. Шероховатость обрабатываемой поверхности снижается. Отпадает необходимость в консервации готового инструмента.

Вследствие снижается энергоемкость процесса; увеличивается степень деформации металла без предварительной термообработки; улучшается качество поверхностного слоя инструмента, что ведет к повышению стойкости инструмента в полтора-два раза.