

данными, составляют 25-30% его времени; улучшение взаимодействия между конструкторами, технологами и другими участниками ЖЦ изделия за счет поддержки методики параллельного проектирования, которое приводит к сокращению количества внесения изменений в конструкцию изделия; значительное сокращение срока проведения изменения конструкции изделия или технологии его производства за счет улучшения контроля за потоком работ в проекте; резкое увеличение части заимствованных или измененных компонентов в изделии (до 70%) за счет предоставления возможности поиска компонента с необходимыми характеристиками.

Список литературы: 1. Анализ и моделирование производственных систем / Б.Г.Тамм, М.Э.Пуусепп, Р.Р.Таваст и др.; Под ред. Б.Г.Тамма. -Г.: Финансы и статистика, 1987. -191 с. 2. Анцев В.Ю. Информационная поддержка системы управления качеством в машиностроительном производстве: Автореферат. дис. д-ра. техн. наук: 05.02.08, 08.00.20/ Тульский гос. ун-т. -Тула, 2000. - 41 с. 3. Горнев В.Ф., Емельянов В.В. Овсянников М.В. Оперативное управление в ГПС. Г.: Машиностроение, 1990. - 256 с. 4. Давыдов А.Н., Барабанов В.В., Судов Э.В. Основные направления развития информационных технологий сопровождения и поддержки наукоемкой продукции на всех этапах жизненного цикла // Компьютерные технологии сопровождения и поддержки наукоемкой продукции на всех этапах жизненного цикла: Материалы конф. - Г.: АНО НИЦ CALS-технологий "Прикладная логистика". - 2001. - С. 8-15. 5. Левин А.И., Судов Э.В. Концепция и технологии компьютерного сопровождения процессов жизненного цикла продукции // Информационные технологии в наукоемком машиностроении. Компьютерное обеспечение индустриального бизнеса / Под ред. А.Г. Братухина. - Киев: Техника. - 2001. - С.612-625. 6. Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. - Г.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. - 320с. 7. Судов Э.В. Информационная поддержка жизненного цикла продукта // PC WEEK. - 1998. - №45. - С.15. 8. <http://www.calscenter.com/calstech.htm>

*Поступила в редколлегию 21.09.07*

## **УДК 621.753.5**

*В.А.БОРОДИНОВ, С.С. ДОБРОТВОРСКИЙ, С.В. ИВАЩЕНКО*

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФРЕЗ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ВАКУУМНО-ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ.**

В статье изучаются особенности технологии изготовления фрез из быстрорежущей стали с использованием метода вакуумно-дуговой наплавки. Приведены практические рекомендации технологических режимов обработки на разных технологических этапах изготовления инструмента.

У статті вивчаються особливості технології виготовлення фрез із швидкоріжучої сталі з використанням методу вакуумно-дугової наплавки. Приведені практичні рекомендації щодо технологічних режимів обробки на різних технологічних етапах виготовлення інструменту.

Введение. Несмотря на более высокую износостойкость твердосплавного и керамического инструмента, в настоящее время значительная часть ме-

таллорежущего инструмента изготавливается из быстрорежущей стали /1/. Это объясняется лучшими технологическими свойствами и меньшей стоимостью быстрорежущей стали.

Традиционно металлорежущий инструмент из быстрорежущей стали изготавливается из кованой, катаной или литой заготовок, а также в биметаллическом исполнении при помощи сварки, пайки и наплавки.

Наплавка только режущих кромок инструмента, особенно многолезвийного, является одним из наиболее эффективных способов экономии высоколегированной, быстрорежущей стали. В качестве материалов для корпуса инструмента в этом случае используются конструкционные стали, такие как углеродистые (марки 40, 45, 50), так и легированные (40X, 451, 40XH, 30XГСА). Экономия быстрорежущей стали, при применении наплавки, может достигать 80...85% в зависимости от типа и размеров инструмента.

В связи с этим при производстве металлорежущего инструмента актуальны проблемы создания конструкций инструмента, позволяющих минимизировать расход дорогостоящих вольфрамосодержащих сталей и повышения показателей стойкости режущего инструмента.

#### 1. Особенности обточки заготовок под наплавку.

Заготовки под наплавку следует обтачивать по контуру равному контуру режущих кромок инструмента, на универсальном токарном станке. Высоту наплавленного слоя рекомендуется принимать равной 1,5...2 мм выше контура режущих кромок инструмента (рис. 1).

#### 2. Особенности подготовка канавок под наплавку зубьев.

В результате исследований установлено, что при вакуумно-дуговой наплавке быстрорежущей стали на углеродистую сталь для качественного смачивания и соединения металлов, заготовка инструмента должна быть предварительно нагрета до оптимальной температуры (в нашем способе до 900...1200°C). При этом площадь растекания жидкой быстрорежущей стали, по сравнению с холодной заготовкой, увеличивается почти в 3 раза, а краевой угол смачивания изменяется со 100° до 15°.

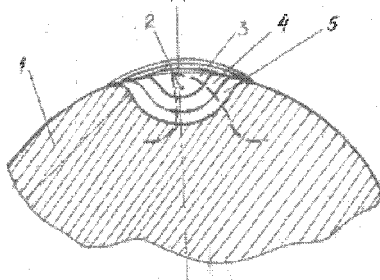


Рис. 1. Схема расположения режущего зуба в наплавленном металле, где 1 – заготовка инструмента; 2 – конфигурация режущего зуба; 3,4,5 – форма канавки, в зависимости от высоты наплаваемой части зуба.

Выполнение канавок на заготовках фрез обуславливается необходимостью удержания присадочного металла из-за увеличения его жидкотекучести

в вакууме на нагретой заготовке. Шаг канавок на цилиндрической части заготовок следует принимать равным шагу зубьев соответствующей фрезы у вершины зуба.

Форма поперечного сечения канавок имеет принципиальное значение, так как глубина канавки равна высоте наплавляемой части зуба, а ширина 2-м высотам. Таким образом, форма поперечного сечения канавки – полукруг, проведенный радиусом равным высоте наплавляемой части зуба, с центром на образующей готовой фрезы. Минимальное расстояние между краями соседних канавок – 8 мм.

Операция выполняется на фрезерном станке в делительной головке.

### 3. Подготовка поверхностей под наплавку.

Непосредственно перед установкой заготовок инструмента в вакуумную камеру для наплавки, необходимо их поверхность обезжирить. Присадочную проволоку перед загрузкой в вакуумную камеру также необходимо очистить от ржавчины и обезжирить. Для обезжиривания необходимо применять, антистатическую жидкость или бензин.

### 4. Наплавка.

Наплавка зубьев инструмента данным способом представляет собой дуговой переплав в вакууме присадочной проволоки из быстрорежущей стали и перенос ее в виде капель в канавку на заготовке инструмента предварительно нагретой до температуры смачивания в вакууме и получение неразъемного соединения.

Перед вакуумированием камеры необходимо проверить состояние поверхности наплавляемой заготовки инструмента и поверхности присадочной проволоки и, при необходимости, произвести дополнительную очистку загрязненных мест. Устанавливается взаимное расположение заготовки инструмента, формирователя дугового разряда с полым катодом, присадочной проволоки и, при необходимости, производится регулировка их пространственной ориентации.

После подготовительных операций вакуумная камера закрывается и создается разрежение порядка  $533,3 \cdot 10^{-2} \dots 133,3 \cdot 10^{-3}$  Па. Включается подача охлаждающей воды для корпуса горелки и корпуса формирователя разряда, а также включается подача плазмообразующего газа – аргона 0,08...0,15 л/мин. Предварительно, при помощи балластных реостатов, в цепи основной и вспомогательной дуг устанавливаются необходимые величины токов.

Затем возбуждается дуговой разряд с полым катодом с помощью специального устройства и производится предварительный подогрев заготовки до 900...1200°C. При этом, для обеспечения равномерности нагрева, необходимы периодические перемещения и вращение заготовки вокруг горизонтальной оси.

В столб дугового разряда с полым катодом вводится присадочная проволока под потенциалом анода, при этом часть тока от источника питания через балластный реостат нагревает и расплавляет присадочную проволоку.

С этого момента начинается поступление жидкого сплава с присадочной проволоки в канавку на наплавляемой поверхности заготовки инструмента. Когда на заготовку поступит несколько капель присадочного материала, образуется сварочная ванна, подогреваемая дуговым разрядом с полого катода. Металл сварочной ванны заполняет канавку и растекается по ее поверхности. В этот момент включается перемещение заготовки манипулятором.

Процесс наплавки поддерживается все время таким образом, чтобы капли расплавленного металла поступали только в перемещающуюся по поверхности заготовки сварочную ванну на расстоянии 2...3 мм от ее головной части.

Наплавку можно вести при движении манипулятора с заготовкой слева направо и наоборот. Однако концевой инструмент необходимо наплавлять от головной части к хвостовику. При необходимости наплавки глубоких канавок на заготовке, процесс можно вести в несколько проходов. Для этого заготовка возвращается в начальное положение и производится наплавка следующего слоя.

Наплавка последующих канавок (рис. 2) на заготовках многолезвийного инструмента производится после поворота заготовки в манипуляторе вокруг горизонтальной оси и ориентации канавки под сварочной горелкой. Наплавка кольцевых канавок или конических углублений для получения режущих зубьев на торце фрезы производится после наплавки всех канавок по длине заготовки инструмента.

После наплавки всей заготовки инструмента выключается подача присадочной проволоки, сварочный ток, подача плазмообразующего газа. Наплавленная заготовка остывает в вакууме до температуры 250...300°C. С целью сокращения пребывания наплавленной заготовки в вакууме допускается разгерметизация камеры и помещение заготовки в песок, нагретый до температуры 400°C или помещается в печь для отжига.

Режим наплавки:

- динамический рабочий вакуум поддерживается в процессе наплавки в пределах  $533,3 \cdot 10^{-2} \dots 133,3 \cdot 10^{-3}$  Па;

- диаметр полого катода – 8...12 мм;
- длина дуги (полюс катод - заготовка) – 20...25 мм;
- расстояние от проволоки до заготовки – 10... 15 мм;
- расход плазмообразующего газа - аргона – 0,08...0,15 л/мин;
- ток дугового разряда (общий) – 120... 220 А;
- напряжение дугового разряда – 28...22 В;
- ток на присадочную проволоку – 40... 70 А;
- ток на заготовку инструмента - 80...150 А;
- диаметр присадочной проволоки- 2,5...4,0мм;
- скорость подачи присадочной проволоки -10,0...16,5 м/ч;
- скорость наплавки канавки- 2,0...3,5 м/ч.

Интервал между наплавкой и последующим отжигом заготовок инстру-

мента не должен превышать 48 ч.

Управление исполнительными механизмами осуществляется сварщиком-оператором с пульта управления, находящегося возле вакуумной камеры. Наблюдение за процессом наплавки сварщик-оператор осуществляет через окно в корпусе камеры.

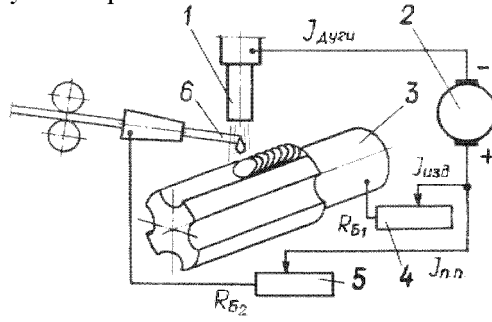


Рис. 2. Схема наплавки в вакууме с регулируемой тепловложением в заготовку инструмента и присадочную проволоку, где: 1 – полый катод; 2 – источник питания дуги; 3 – заготовка инструмента; 4,5 – ограничительные сопротивления; 6 – присадочная проволока.

### 5. Отжиг заготовок.

Для снижения твердости наплавленного слоя в целях облегчения последующей механической обработки и снятия внутренних напряжений в наплавленном слое, заготовки подвергаются отжигу.

Рекомендуется следующий режим отжига:

- загрузка в печь при 740°С;
- выдержка при 740°С в течение 4 ч;
- нагрев до 860°С в течение 1,5 ч;
- выдержка при 860°С в течение 5 ч;
- охлаждение до 760°С в течение 4 ч;
- охлаждение с печью до 400°С с последующей выгрузкой на воздух.

Необходимо отметить, что наплавленная быстрорежущая сталь отжигается труднее ковальной или катаной, поэтому режим отжига надо строго соблюдать. Сокращение времени выдержки при температуре 860°С не допускается. После отжига твердость наплавленного металла должна составлять в пределах HRCэ 33...35.

### 6. Механическая обработка заготовок фрез после отжига.

После отжига наплавленные заготовки поступают на механическую обработку. При выполнении операций механической обработки наплавленных заготовок особое внимание следует обратить на обеспечение заданного по чертежу расположения каждого режущего зуба в наплавленном слое.

После разрезки заготовок производят их тщательную центровку которую проверяют от наружной наплавленной поверхности корпуса заготовки. Смещение центров от наружной поверхности заготовки допускается не более

чем на 1 мм. После токарной обработки заготовок приступают к травлению наплавленной цилиндрической части заготовок для четкого различия наплавленного металла Р18 от материала заготовки – стали 40Х.

Перед фрезерованием зубьев необходимо проверить совпадение шага винтовой канавки с наплавкой, а затем на торце заготовки надо нанести риску для начала фрезерования первого зуба так, чтобы 0,3 ширины наплавленного слоя снять, а 0,7 ширины слоя оставить на зубе.

Как указывалось, фрезерование винтовых канавок под наплавку, а также фрезерование зубьев после наплавки необходимо производить одним и тем же набором сменных шестерен, приведенных в технологической карте. Несоблюдение этого условия приводит к неправильному фрезерованию инструмента. Дальнейшая механическая обработка наплавленного инструмента аналогичная обработке инструмента из ковanej стали или проката.

#### 7. Термическая обработка наплавных фрез.

Наплавной многолезвийный инструмент подвергается закалке при следующем режиме:

а) 1-й подогрев до температуры 600...680°C с выдержкой при этой температуре 15...20 мин;

б) 2-й подогрев до температуры 800...860°C с выдержкой при этой температуре 10... 15 мин;

в) нагрев под закалку в хлорно-бариевой ванне до температуры 1260...1280°C с выдержкой при этой температуре 10...12 с на 1 мм наплавленного слоя;

г) охлаждение в масле, расплавленной соли или щелочи до температуры 300...400°C с выдержкой при этой температуре 20...30 мин, дальнейшее охлаждение при комнатной температуре;

д) двух-трехкратный отпуск при температуре 560...580°C с выдержкой после подогрева по 1 часу.

Основное назначение отпуска состоит в снятии внутренних напряжений и превращении остаточного аустенита в мартенсит.

#### 8. Контроль качества наплавного режущего инструмента.

При изготовлении наплавного режущего инструмента особое внимание следует обратить на контроль операций технологического процесса, связанных с формированием наплавленных валиков в заготовках. К таким операциям относятся: фрезерование канавок под наплавку валиков и наплавка валиков. Основной целью указанных операций является обеспечение, в процессе дальнейшей обработки, заданного по чертежу расположения каждого режущего зуба, в наплавленном слое. Необходим эффективный контроль следующих параметров:

- глубины и ширины канавок под наплавку;
- закругление острых кромок и углов;
- взаимного расположения канавок;
- высоты и ширины наплавленных валиков на всем протяжении;
- взаимного расположения наплавленных валиков.

Визуальный контроль осуществляют при хорошем освещении с помощью таких вспомогательных оптических устройств как линзы и лупы с увеличением не более  $\times 10$ . Контроль выше указанных параметров рекомендуется осуществлять с помощью шаблонов.

Особенности контроля готового наплавленного инструмента заключается в следующем: интервал между наплавкой и отжигом заготовок не должен превышать 48 часов; твердость наплавки после отжига для механической обработки должна соответствовать HRCэ 33...35; внешний осмотр наплавленных валиков (наплавленный металл должен быть плотным без видимых пор, неметаллических включений, продольных или поперечных трещин и разрывов наплавленного валика).

Перед механической обработкой периодически производят металлографические исследования заготовок. В качестве образцов для исследования на макро- и микроструктуру и на определение химического состава наплавленного металла, используется отрезаемый при токарной обработке дефектный или краевой слой заготовки.

Эти исследования позволяют контролировать правильность выбранных режимов наплавки и качества наплавленного и основного металлов. Кроме того, точный химический анализ наплавленного инструмента дает возможность провести качественную термообработку,

Контроль готового инструмента на трещины и микротрещины, которые могут образовываться при наплавке или термообработке, рекомендуется производить люминистентной дефектоскопией пригодной почти для всех материалов, когда их дефекты выходят на поверхность (один из видов капиллярной дефектоскопии). Правильный выбор метода капиллярной дефектоскопии, дефектоскопических материалов и подготовка поверхности обуславливают чувствительность метода (ГОСТ 18442-80).

Сущность люминистентного метода состоит в следующем. Инструмент погружают в ванну, содержащую флуоресцирующий раствор и выдерживают в нем некоторое время. При больших габаритах инструмента можно раствор нанести кисточкой на контролируемую поверхность. В имеющиеся на инструменте микротрещины проникает раствор. После удаления с поверхности флуоресцирующего раствора инструмент рассматривают в ультрафиолетовом свете и по яркости флуоресценции устанавливают наличие раствора, остающегося в трещинах.

Твердость наплавленного металла после термической обработки (закалки и отпуска) равна HRCэ 62...64 для быстрорежущей стали P18. Твердость проверяется на образцах, сечение которых имитирует сечение наплавного инструмента.

Список литературы: 1. Верещака А.С., Третьяков И.П. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. - М.: Машиностроение, 1986г.,-192с.

*Поступила в редколлегию 21.09.07*