

УДК 621.919.1

С.Ф. Студенец

Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

ВЛИЯНИЕ ИОННОГО БЕЗВОДОРОДНОГО АЗОТИРОВАНИЯ НА ПРОЦЕСС НАРОСТООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ В ЧУГУННЫХ ДЕТАЛЯХ ПРОТЯЖКАМИ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

In article problems of adhesive process at cutting broaching of orifices in details from grey irons by the tool strenghtend on technology non hydrogen of ionic nitriding. The procedure and results of research of forces at turning grey pig-iron are submitted by the tool, to subjected nitriding in non hydrogen environment on different conditions. It is shown, as the change of nitriding conditions influences character of adhesive process.

В современной металлообрабатывающей промышленности режущее протягивание является одним из наиболее эффективных видов обработки отверстий. К преимуществам использования режущего протягивания относятся высокая производительность, точность и качество обработанной поверхности, эксплуатационная простота. В то же время, режущая протяжка является довольно сложным в изготовлении, дорогостоящим инструментом с ограниченным количеством переточек. В этой связи, как экономическая, так и технологическая эффективность использования режущих протяжек обусловлена прежде всего работоспособностью инструмента, которая в значительной степени зависит от свойств инструментального материала. В качестве инструментального материала для режущих протяжек, применяемых для обработки отверстий в деталях из серого чугуна, используются твердые сплавы марки ВК и быстрорежущие стали марок Р6М5, Р6М5К5. Стойкость и производительность твердосплавных протяжек значительно выше, чем быстрорежущих. Однако применение твердосплавных режущих протяжек ограничивается рядом условий. Например, для обработки отверстий диаметром до 15 мм необходимо применять протяжки сборной конструкции, в которой зубья выполнены в виде колец, закрепленных на общей стальной оправке. Но в этом случае прочность оправки будет явно недостаточна, поскольку ее диаметр не должен превышать 7 мм. Поэтому вопрос повышения износостойкости режущего протяжного инструмента из быстрорежущих сталей, в том числе применяемого для обработки чугунных изделий, остается актуальным.

Одним из прогрессивных направлений повышения работоспособности инструментов из быстрорежущих сталей, которое позволяет повысить их износостойкость путем изменения свойств инструментального материала, является химико-термическая обработка. В результате производственных исследований стойкости установлено [1; 2], что применение такого вида химико-термической обработки режущих протяжек из стали марок Р6М5 и Р6М5К5, как безводородное ионное азотирование (БИА), является эффективным методом повышения их износостойкости при обработке деталей из серых чугунов. Исследовали инструмент, азотированный в безводородной среде на четырех режимах, параметры которых приведены в таблице.

Безводородное ионное азотирование протяжек, выполненное по режиму 4, позволило повысить их износостойкость при обработке крыльчаток водяных насосов из чугуна марок СЧ-15, СЧ 20 в 12 –14 раз. Следует отметить, что такого значительного повышения стойкости удалось достичь только при применении режима БИА 4. При применении режимов 1 и 2 результаты были ниже, а стойкость инструмента, упрочненного по режиму 3, не отличалась от стойкости неазотированного инструмента.

Параметры режимов БИА

Номер режима	Давление в камере, Па	Продолжительность выдержки, мин.	Температура, °С	Состав насыщающей среды
1	239,98	120	490	25 % аргона 75 % азота
2	239,98	240	490	
3	106,66	120	490	
4	106,66	240	490	

При обработке отверстий в изделиях из чугунов режущее протягивание применяется, в большинстве случаев, в качестве получистовой или чистой операции. Поэтому, как и в рассмотренном ранее случае [1; 2], критерием износостойкости, были выбраны параметры точности и качества поверхности обработанного отверстия.

В процессе исследования стойкости было установлено, что процесс режущего протягивания чугунных деталей сопровождается интенсивным наростообразованием. При визуальном осмотре, изучении рабочих поверхностей и режущих кромок инструмента после его выхода из зоны резания с помощью измерительного комплекса ДИП-6, а в дальнейшем и при изготовлении микрошлифов продольных разрезов зубьев протяжек различной степени износа на режущих кромках зубьев протяжек, на передней и задней поверхностях были обнаружены образования или их остатки (следы), известные как нарост или «явление нароста» [3, 4, 5]. Повышение износа зубьев протяжки сопровождалось увеличением размеров нароста, что привело к ухудшению качества обработанной поверхности. При достижении наростом определенных размеров увеличивался диаметр обработанного отверстия, резко ухудшалась шероховатость и дальнейшая эксплуатация инструмента становилась невозможной. Также было установлено, что при величине фаски износа по задней поверхности зубьев до 0,350 мм режущие протяжки, подвергнутые БИА по режиму 4, сохраняли работоспособность, а обычные протяжки и азотированные на других режимах не обеспечивали требуемых параметров обработанного отверстия. Исходя из результатов исследований, возникла необходимость изучения влияния режимов БИА инструмента на процесс наростообразования при режущем протягивании.

При определении влияния инструментального материала на процесс наростообразования при резании серого чугуна был сделан вывод о том, что «нарост образуется на резце из любого материала» [5]. В то же время «материал инструмента влияет на геометрию нароста только через температуру резания». Сопоставив результаты исследований стойкости, проведенных в [1, 2] с данными, в литературных источниках по этой теме, приходим к выводу, о том, что варьируя параметры технологии БИА инструмента, можно влиять на процесс наростообразования при протягивании серых чугунов.

Состояние нароста условно разделяется на два вида [3]. Устойчивое, или активное, состояние нароста характеризуется его неподвижностью в течение некоторого времени и способностью при непрерывной смене сохранять определенный угол резания и высоту. При этом значительно ухудшается качество обработанной поверхности. В случае неустойчивого, или пассивного, состояния нарост легко срывается с рабочих поверхностей и существенно не влияет на шероховатость поверхности. Можно предположить, что наиболее эффективный для азотирования режущих протяжек режим БИА 4, должен обеспечивать существование нароста в пассивном состоянии максимально долго (путь резания). Для экспериментального изучения этого предположения было проведено исследование изменение составляющей силы резания P_z при свободном точении дисков диаметром 80 – 90 мм из чугуна марки СЧ-20 четырехгранными пластинами из стали марки Р6М5 с передним углом $\gamma = 4^\circ$ и задним углом $\alpha = 2^\circ$ (рис. 1), подвергнутыми БИА на режимах, приведенных в таблице.

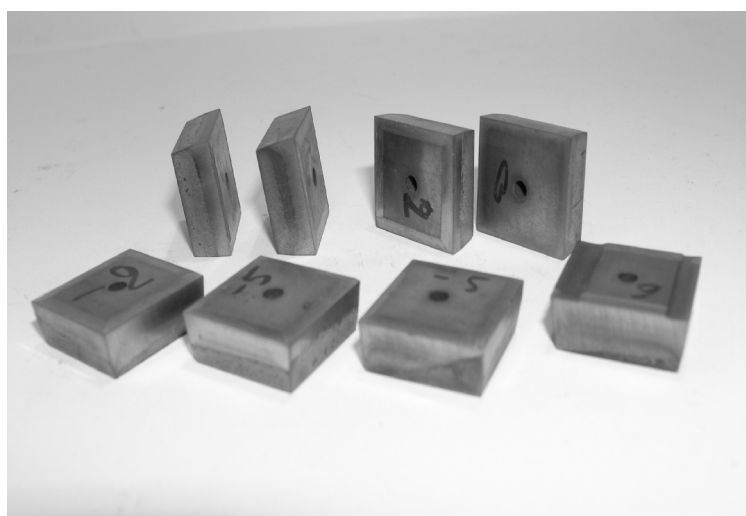


Рис. 1. Четырехгранные токарные пластины из быстрорежущей стали Р6М5, подвергнутые БИА

Точение выполнялось на станке 1К62, на котором вместо резцедержателя установлено приспособление для крепления специального двухкомпонентного тензометрического динамометра (рис. 2), предназначенного для регистрации составляющей силы P_z (пределы измерения 10 – 250 кг, чувствительность – 1 кг). Динамометр одновременно служил также державкой для четырехгранных пластин и через электронный модуль измерений (рис. 2), который предназначен для усиления аналогового сигнала тензометрических датчиков и его оцифровки (АЦП) в широком диапазоне исследуемых нагрузок от 2 кГ до 200 т, передает сигнал на стандартный USB порт персонального компьютера. Общий вид стенда приведен на рис. 3.

На компьютере установлено программное обеспечение для обработки и графического представления получаемой информации в режиме реального времени. Эксперименты выполнялись на скорости резания применяемой для режущего протягивания чугунов (3,1 – 8,4 м/мин). В результате исследований были получены данные об изменении составляющей силы P_z с частотой 5 Гц в реальном времени.

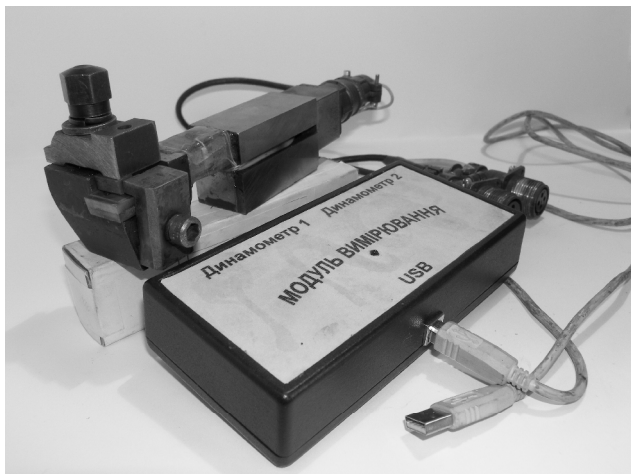


Рис. 2. Тензометрическая динамометр-державка и модуль измерений

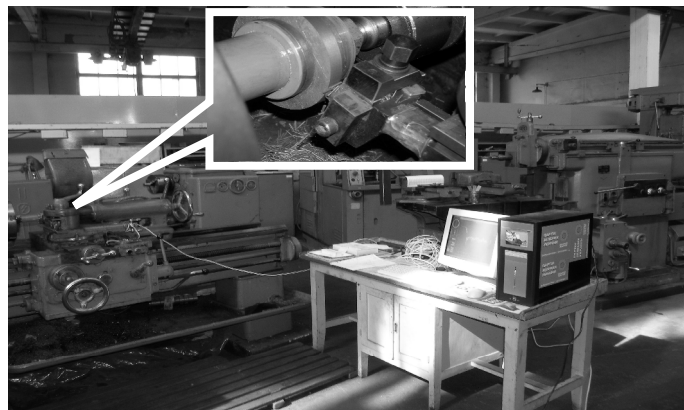
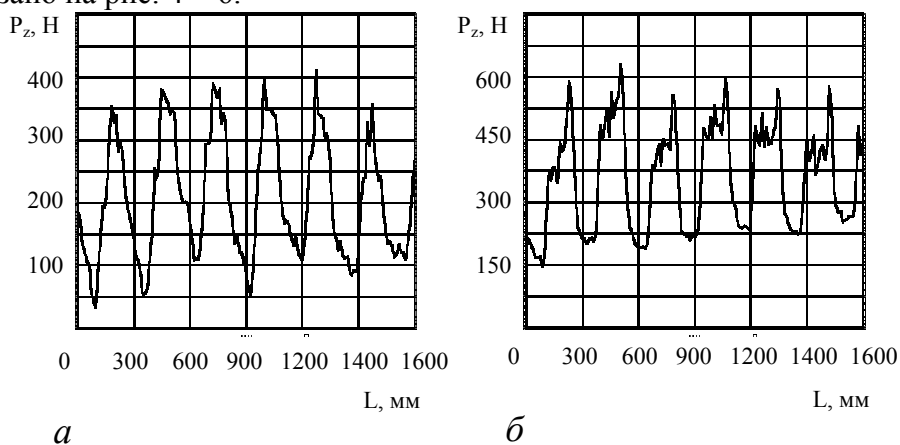


Рис. 3. Общий вид стенда в процессе измерения сил

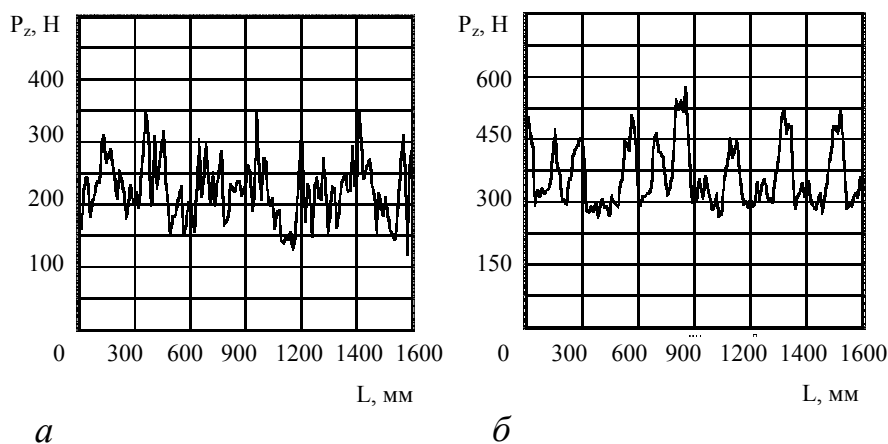
Графическое представление изменения составляющей силы в процессе точения как обычными (неазотированным), так и азотированным инструментом на разных режимах пластинами показано на рис. 4 – 6.



а

б

Рис. 4. Графики изменения составляющей силы резания P_z при свободном точении чугуна СЧ-20 неазотированным инструментом: а – $S = 0,05$ мм/об.; б – $S = 0,07$ мм/об.



а

б

Рис. 5. Графики изменения составляющей силы резания P_z при свободном точении чугуна СЧ-20 пластинами, азотированными по режиму 4: а – $S = 0,05$ мм/об.; б – $S = 0,07$ мм/об.

Из рисунков следует, что характер изменения силы при точении азотированным инструментом отличается от обычного. Кроме того, режим азотирования также существенно влияет на изменение силы.

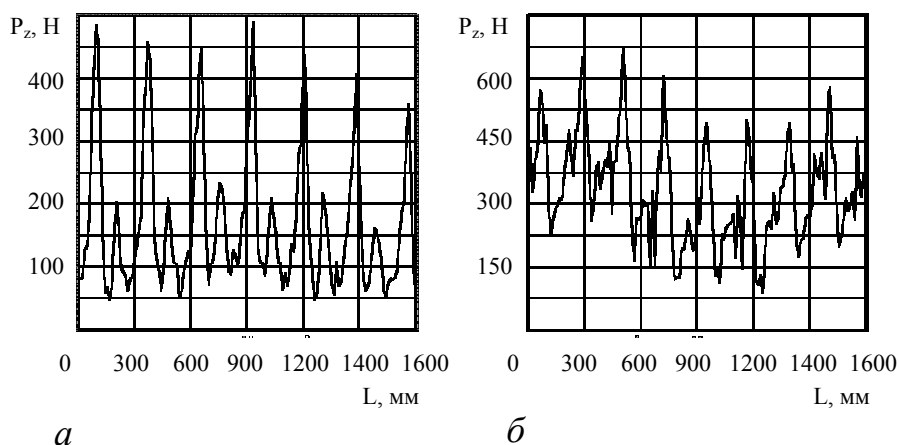


Рис.6. Графики изменения составляющей силы резания P_z при свободном точении чугуна СЧ-20 пластинами, азотированными по режиму 3: а – $S = 0,05$ мм/об.; б – $S = 0,07$ мм/об.

Количественный анализ полученных данных показал следующее: усредненное значение амплитуды изменения силы (разница между максимальным и минимальным значениями) при скорости резания 3,1 – 3,4 м/мин и подаче 0,05 мм/об. для обычной пластины составляет 338 Н, для азотированной по режиму 4 – 207 Н, по режиму 3 – 387 Н. При подаче 0,07 мм/об. получены следующие результаты: обычная пластина – 406 Н, пластина, упрочненная БИА по режиму 4 – 283 Н, по режиму 3 – 411 Н.

Аналогичные данные были получены и по частоте изменения силы (расстояние между соседними точками, в которых силы одинаковы). При свободном точении с подачей 0,05 мм/об. обычная пластина – 266 мм, азотированная по режиму 4 – 153 мм, по режиму 3 – 237 мм. При точении с подачей 0,07 мм/об. обычная пластина – 283 мм, азотированная по режиму 4 – 180 мм, по режиму 3 – 212 мм. Из полученных данных следует, что процесс наростообразования на инструменте, азотированном по режиму 4, протекает интенсивнее, изменения сил минимальны.

В то же время БИА по режиму 3 практически не влияет на наростообразование и характеризуется большой амплитудой значений сил и малой частотой ее изменения. Из изложенного приходим к выводу, что диффузионный слой, полученный по режиму 4, на поверхности инструмента из быстрорежущей стали способствует пассивному наростообразованию, а диффузионный слой, полученный по режиму 3, наоборот, более активному состоянию нароста, аналогичному при работе неазотированным инструментом.

Таким образом, можно считать, что высказанное выше предположение о влиянии режимов БИА на состояние процесса наростообразования при резании серых чугунов является справедливым. Максимальной износостойкостью будет у инструмента, на поверхности которого создан диффузионный слой, способствующий пассивному характеру протекания процесса наростообразования. Применяемая методика позволит оценивать влияние диффузионных слоев на процесс наростообразования при обработке различных марок чугунов и сталей азотированным в безводородной среде инструментом.

Литература

1. Студенец С.Ф. Особенности механизма износа режущих протяжек, подвергнутых ионному азотированию в безводородной среде//Вісн. СумДУ. Спец. вип. присвячений Другій Всеукр. молодіжній наук.-техн. Конф. “Машинобудування України очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво”.- Суми: Вид-во СумДУ, 2003.- № 2

(48).- С. 144-148.

2. Студенец С.Ф. Влияние свойств азотированного слоя на стойкость режущих протяжек из быстрорежущих сталей// Сучасні процеси механічної обробки інструментами з НТМ та якість поверхні деталей машин: Зб. наук. пр. (Сер. Г „Процеси механічної обробки, верстати та інструменти”)/ НАН України, ІНМ ім. В.М. Бакуля.- К., 2006.- С. 64-70.
3. Еремин А.Н. Физическая сущность явлений при резании сталей.- Свердловск: Машгиз (Урало-Сибирское отд-ние), 1951.-226 с.
4. Розенберг А.М., Еремин А.Н. Элементы теории процесса резания металлов.- Свердловск, Машгиз (Урало-Сибирск. отд-ние), 1956.- 320 с.
5. Розенберг А.М. Резание металлов и инструмент.- М.: Машиностроение, 1964. -228 с.

Поступила 30.05.08