

С экономической и технической точки зрения будет проще изготавливать водило посредством изготовления отдельных частей и сварки их между собой (материал детали 18ХГТ отлично поддается сварке).

Предлагается разделить водило на несколько деталей:

- 1) вал выходной;
- 2) диск;
- 3) ось (4 шт.);
- 4) ребро (4 шт.).

На рисунке 2 показано водило, полученное методом сварки.

В результате применения такого способа производства получится снизить в 2,5 раза сроки изготовления водила, а также снизить цену примерно на 40 % на изготовление изделия.

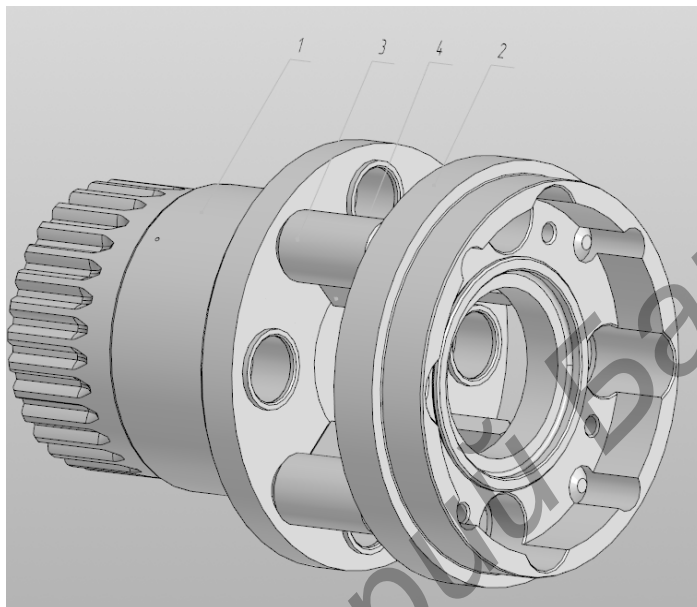


Рисунок 2 — Водило, изготовленное методом сварки

Заключение. Таким образом, определены преимущества изготовления водила планетарного редуктора, которые заключаются в замене метода получения заготовки литьём на сварное изделие. В результате такой замены получаем уменьшение срока изготовления изделия раза и снижение ее стоимости.

Список цитируемых источников:

1. *Анфимов, М. И.* Редукторы. Конструкции и расчёт / М. И. Алфимов. — 4-е изд., перераб. и доп. М. — Изд-во. Машиностроение, 1993. — 463 с.
2. Выбор и способы изготовления заготовок для деталей машиностроения: учебник для студентов машиностроит. специальностей / Е. П. Круглов [и др.]. — Изд-во: Казан. федерал. ун-т, 2015. — 433 с.
3. *Категоренко, Ю. И.* Технология литейного производства / Ю. И. Категоренко, А. А. Филиппенков. — Изд-во: Рос. гос. профессионал.-педагог. ун., 2018. — 684 с.

УДК 621.785

А. В. Малевич, И. В. Ковальчук

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ

Введение. Ионно-плазменное азотирование (ИПА) представляет собой процесс поверхностной модификации материала, который основан на введении атомов азота в поверхностный слой металла путем использования плазмы. В процессе ИПА азот вводится в металлическую матрицу, что может значительно улучшить его механические свойства и стойкость к коррозии. Важной характеристикой процесса ИПА

является его продолжительность, которая может варьироваться в зависимости от требуемых характеристик и конкретных условий обработки [1].

Исследования, проведенные ранее, показывают, что продолжительность процесса ИПА имеет существенное влияние на свойства стали. Длительное воздействие плазмы азота может привести к более глубокому проникновению атомов азота в материал и более интенсивной формировке азотсодержащих фаз, таких как нитриды. Это, в свою очередь, может улучшить твердость и износостойкость материала [2].

Целью настоящего исследования является изучение влияния продолжительности ИПА на микроструктуру и механические свойства стали 40ХН2МА.

Основная часть. Исследование проводилось на установке ИПА с конструкцией камеры дверного исполнения модели УА-25-400 / 400 производства ФТИ НАН Беларуси. Данная установка располагается в лаборатории высокоэнергетических методов упрочнения, кафедры технологии и оборудования машиностроения, Барановичского государственного университета.

Для проведения эксперимента по исследованию влияния ИПА на свойства стали 40Х, были выбраны два образца, обозначенные как "Образец № 1" и "Образец № 2". Эксперимент был выполнен в соответствии с предварительно разработанным планом и включал в себя следующие этапы:

1. Для эксперимента были подготовлены два образца стали 40ХН2МА одинаковых размеров и формы. Образцы были механически обработаны и очищены перед началом ионно-плазменного азотирования.

2. ИПА образца № 1 было проведено при температуре 530 °С в течение 12 часов, а ИПА образца № 2 при той же температуре, но в течение 24 часов. В качестве рабочих газов использовалась смесь азота, водорода и аргона. Эти условия были выбраны для изучения влияния продолжительности обработки на свойства материала.

3. Для измерения глубины азотированного слоя был использован метод измерения распределения микротвердости на поперечном шлифе образцов-свидетелей от поверхности к центру. Индентор был размещен на расстоянии 20 мкм от края образца, и измерения проводились в шахматном порядке.

4. Микротвёрдость на поверхности образцов была измерена с использованием цифрового микротвердомера Microscan AC, с нагрузкой на индентор 100 гс. Измерения проводились на одинаковом удалении от исследуемой поверхности, и значения микротвёрдости были усреднены из трёх измерений.

Исследование глубины азотированного слоя и распределения микротвердости было проведено согласно СТБ 2307-2013 "Поверхностно-упрочненные слои металлических изделий. Методы измерения толщины". Эффективная глубина азотированного слоя была оценена на образцах № 1 и № 2. Результаты измерений представлены на рисунке 1.

На исследуемом участке образца № 1, эффективная глубина азотированного слоя составила 250 мкм. Микротвёрдость у поверхности этого образца составила 470 HV 0,1/12, а при переходе к основе — 250 HV 0,1/12.

На образце № 2 была обнаружена более глубокая эффективная глубина азотированного слоя, составившая 650 мкм. Микротвёрдость у поверхности образца № 2 составила 430 HV 0,1/12, а при переходе к основе — 270 HV 0,1/12.

Твердость поверхности образцов № 1 и № 2 была измерена с использованием микро-твердомера Microscan AC согласно ГОСТ 2999-75 «Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу» [3]. Результаты измерений представлены в таблице 1.

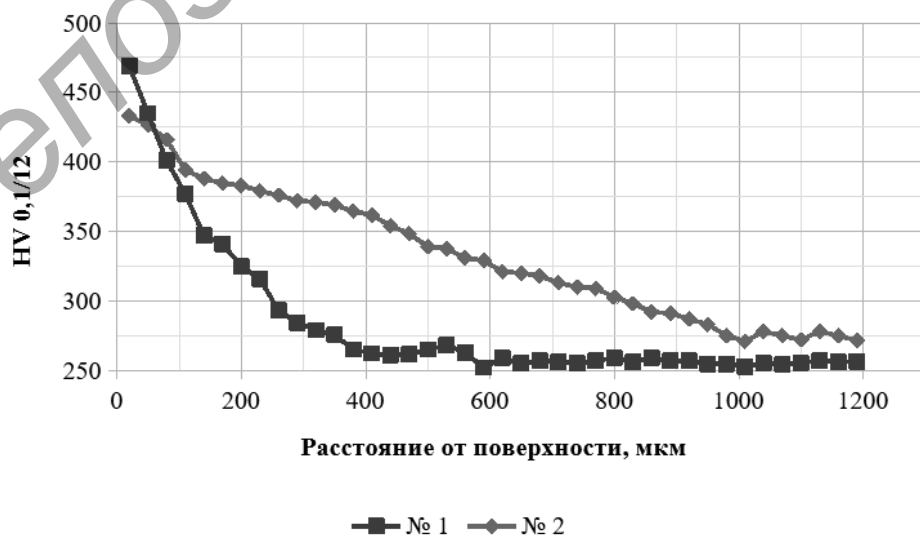


Рисунок 1 — Распределение микротвердости по глубине азотированного слоя после ИПА образцов № 1 и № 2 из стали 40ХН2МА

Образец	Твердость поверхности (HV10/10)	Твердость поверхности, HV
№ 1	470	250
№ 2	430	270

Исходя из результатов проведенных исследований, можно сделать следующие выводы:

1. Результаты исследования подтверждают, что продолжительность ионно-плазменного азотирования (ИПА) оказывает значительное влияние на свойства стали 40X. Образец, обработанный в течение 24 часов (образец № 2), имеет более глубокий азотированный слой, но его микротвердость на поверхности ниже по сравнению с образцом, обработанным в течение 12 часов (образец № 1).

2. Образец № 2 имеет более глубокий азотированный слой (0,65 мм) по сравнению с образцом № 1 (0,25 мм). Это свидетельствует о более интенсивной обработке и более высоком проникновении азота в материал.

3. График распределения микротвердости Образца № 2 имеет более пологий вид по сравнению с результатами образца № 1. Это указывает на более равномерное распределение азота при длительной обработке.

Результаты подчеркивают важность выбора оптимальной продолжительности ИПА в зависимости от конкретных требований и целей улучшения свойств сталей. Более продолжительная обработка может достичь более глубокого азотированного слоя и более высокой микротвердости, но требует более тщательной оптимизации процесса. Таким образом, исследование подтверждает, что ИПА может быть эффективным методом для улучшения свойств сталей; продолжительность обработки играет важную роль в достижении желаемых результатов. Эти выводы могут быть полезными для инженеров и научных исследователей, занимающихся обработкой металлов с целью улучшения их характеристик.

Список использованных источников

1. Босьяков, М. Н. Выбор режима упрочняющей обработки на установках ионного азотирования промышленного типа / М. Н. Босьяков, А. Н. Моисеенко // Современные методы и технологии создания и обработки материалов : материалы VIII МНТК. — Минск : ФТИ НАН Беларуси. — 2016. — С. 50—58.
2. Будилов, В. В. Технология ионного азотирования в тлеющем разряде с полым катодом / В. В. Будилов, Р. Д. Агзамов, К. Н. Рамазанов // МиТОМ. — 2007. — № 7.
3. Говорун, Т. П. Ионно-плазменное азотирование как один из современных методов поверхностного упрочнения материалов / Т. П. Говорун. — Изд-во СумГУ. — 2011.

УДК 621.983.044

С. В. Матыборский

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

*Научный руководитель
Е. В. Розогина*

ИОННО-ПЛАЗМЕННОЕ АЗОТИРОВАНИЕ

Введение. На практике бывают ситуации, когда в механизмах прочность металлических изделий любой марки недостаточна для продолжительной работы. Поэтому для увеличения прочности металлических деталей предлагают проводить процесс упрочнения слоев над изделиями. В настоящее время существует много методов упрочнения: нанесение слоев, пластическое упрочнение, термообработка и т. д.

Сейчас в Республике Беларусь набирает популярность новый метод обработки стальных изделий, который называется ионно-плазменное азотирование (ИПА). Данный инновационный метод для Беларуси имеет несколько преимуществ перед остальными методами упрочнения по экономности и экологичности. Физико-технический институт НАН разработал оборудование для осуществления ионно-плазменного азотирования в научно-исследовательских целях. Также ИПА уже используется в промышленности Беларуси.

Цель статьи заключается в представлении данного метода, его процесс, преимущества и недостатки, оборудование и будущие перспективы.

Основная часть. Ионно-плазменное азотирование — это метод химико-термический процесс повышения твердости, прочности и износостойкости поверхности металлических изделий при помощи смеси газов (азот, аргон и водород). Процесс заключается в том, что металлическую деталь помещают в вакуумную камеру, где потом наполняется смесью газов. Между стенками камеры (анодом) и обрабатываемым изделием (катодом) возбуждается электрический разряд. Возбуждение аномально тлеющего заряда