

системы числового программного управления и проектировать комплекс технологического оборудования как мехатронную систему [1–4].

Комплексный анализ проектирования обрабатывающего оборудования показал, что перспективы применения новых технологий, использующих искусственный интеллект, потоки энергии для интенсификации процессов обработки и модифицирования материалов, должны анализироваться на ранних стадиях проектирования. В этой связи предложено приступить к проектированию мехатронных систем станочных комплексов с анализа структурных связей информационных технологий в гибридном производстве, включающем как традиционные, так и аддитивные технологии, и использовать теплофизические и электрофизические критерии для изучения формирующихся связей в технологической системе.

Л и т е р а т у р а

1. Теоретические основы проектирования технологических комплексов / А. М. Русецкий, П. А. Витязь, М. Л. Хейфец [и др.] ; под общ. ред. А. М. Русецкого. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 239 с.
2. Конструирование и оснащение технологических комплексов / А. М. Русецкий, П. А. Витязь, М. Л. Хейфец [и др.] ; под общ. ред. А. М. Русецкого, П. А. Витязя, М. Л. Хейфеца. – Минск : Беларус. навука, 2014. – 316 с.
3. Автоматизация и управление в технологических комплексах / А. М. Русецкий, П. А. Витязь, М. Л. Хейфец [и др.] ; под общ. ред. А. М. Русецкого, П. А. Витязя, М. Л. Хейфеца. – Минск : Беларус. навука, 2014. – 375 с.
4. Обеспечение качества изделий в технологических комплексах / С. А. Чижик, П. А. Витязь, М. Л. Хейфец [и др.] ; под общ. ред. М. Л. Хейфеца. – Минск : Беларус. навука, 2019. – 248 с.

УДК 621.791:621.785

ОСВОЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ФТИ НАН БЕЛАРУСИ В ОАО «СтанкоГомель»

В. Г. Залесский, И. Л. Поболь, И. Ф. Чернейко

Физико-технический институт НАН Беларуси, г. Минск

Приведен анализ освоения инновационных технологий ФТИ НАН Беларуси в ОАО «СтанкоГомель».

Ключевые слова: инновационные технологии, электронно-лучевая сварка, магнитное воздействие, азотирование, повышение износостойкости.

DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES AT THE PHYSICAL TECHNOLOGY INSTITUTE OF THE NAS OF BELARUS AT JSC “STANKOGOMEL”

V. G. Zalessky, I. L. Pobol, I. F. Cherneyko

*Physicotechnical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk*

An analysis of the development of innovative technologies at the Physical Technological Institute of the NAS of Belarus at JSC “StankoGomel” is conducted.

Keywords: innovative technologies, electron beam welding, magnetic treatment, nitriding, increased wear resistance.

Среди направлений научно-инновационной деятельности ФТИ НАН Беларуси особое место занимают исследования и разработки с использованием высокоэнерге-

тических методов воздействия на металлические материалы с целью улучшения свойств изделий. Для таких методов обработки используется электронно-ионно-плазменное воздействие, нагрев электромагнитными источниками (ТВЧ, лазерным излучением), нанесение упрочняющих покрытий, импульсное магнитное воздействие. По ряду методов обработки достигнуты впечатляющие результаты совместного освоения с промышленными предприятиями страны. История взаимовыгодного сотрудничества института и ОАО «СтанкоГомель» насчитывает десятилетия.

Одно из направлений совместных работ – применение электронно-лучевой сварки (ЭЛС) для изготовления деталей. В соответствии с кооперационным соглашением с компанией HECKERT Chemnitzer Werkzeugmaschinen GmbH (Германия) предприятием (тогда ГСПО им. С. М. Кирова) в 1993 г. была начата подготовка производства широкой гаммы универсальных консольно-фрезерных станков моделей FW, FU, FSS. В соответствии с КД для обеспечения высокого качества станков предусматривалось использование ЭЛС при изготовлении шестерен для такого оборудования. В рамках сотрудничества в ФТИ НАН Беларуси были оптимизированы режимы и в течение нескольких лет выполнялась ЭЛС шестерен FW 400.42.00.010, FU 400.20.55.010 и FU 315.40.00.045, блока шестерен FU 400.11.00.010, втулки соединительной FU 400.20.55.010, муфты кулачковой FU 315.20.00.055.

Электронно-лучевая сварка обладает рядом неоспоримых преимуществ перед другими методами получения неразъемных соединений, прежде всего при сварке деталей ответственного назначения. Возможно сформировать сварные швы глубиной от 1 до 200 мм и более за один проход с «кинжальным» проплавлением (рис. 1, а), а также швы с соотношением ширины к глубине (1–2):1, в том числе из разнородных металлов и сплавов (рис. 1, б).



а)



б)

Рис. 1. Сварные швы, полученные при ЭЛС сталей:
а – 25ХГТ и 40Х толщиной 32 мм; б – 20ХН3А и 25ХГТ, х 200

В настоящее время институт выполняет заказы по ЭЛС для основных машиностроительных предприятий страны, полностью обеспечивая их потребности.

В течение многих лет для ОАО «СтанкоГомель» востребованным процессом поверхностного упрочнения являлось ионное азотирование ряда деталей (шестерня, захват, рейка, вал, скоба, валок зубчатый, вал шлицевый, направляющая), изготавливаемых из сталей 40Х, 18ХГТ, 12ХН3А, 40Х13, 38Х2МЮА. Услуги по их обработке выполнялись в ФТИ НАН Беларуси. Решение по оснащению предприятия собствен-

ным оборудованием вакуумного ионного азотирования было реализовано институтом в 2025 г. (рис. 2).



Рис. 2. Установка ионного азотирования производства ФТИ НАН Беларуси

Диаметр полезного рабочего пространства камеры – 900 мм, высота – 2000 мм. Максимальная масса обрабатываемых деталей – до 1500 кг. Управление работой установки и контроль за ходом процесса обработки осуществляются автоматически по заданной программе посредством программируемого логического контроллера. Функции, выполняемые системой управления: программирование и управление параметрами технологических процессов, регулирование состава технологической атмосферы, расчет технологических режимов обработки, управление исполнительными механизмами, создание и архивирование технологических режимов обработки, диагностика технического состояния всех узлов установки с выводом на панель оператора информации.

В комплект поставленного комплекса ионного азотирования вошла линия обезжиривания, обеспечивающая подготовку поверхности деталей к ионной ХТО.

Для ОАО «СтанкоГомель» отработаны режимы упрочнения перечисленных сталей. Процесс азотирования проводится при температуре 450–570 °С. После обработки достигается глубина азотированного слоя 0,15–0,5 мм, твердость материала поверхности HV₁₀ 600–1200.

Такая обработка способствует значительному повышению износостойкости, сопротивления задиру и усталости изделий. Варьируя состав газа, давление, температуру и время выдержки, можно получать слои заданной структуры и фазового состава на изделиях из сталей, чугунов, сплавов титана. Ионное азотирование деталей позволяет повысить стабильность результатов упрочнения и в 3–4 раза сократить производственные затраты и длительность изготовления изделий.

Кроме ОАО «СтанкоГомель» кастомизированное оборудование ионной ХТО производства ФТИ успешно используется в ОАО «МЗКТ», ОАО «Гомсельмаш», ОАО «БЕЛАЗ», ОАО «МАЗ», ОАО «Могилевлифтмаш», УЧНПП «Технолит», ЗАО «СИПР», ОАО «ОИЗ» и за рубежом.