

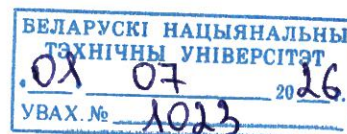
ОТЗЫВ
на автореферат диссертации Вегеры Ивана Ивановича на тему:
«КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ
И СОЗДАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ СКОРОСТНОГО ТЕРМИЧЕСКОГО
УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН»,
представленной к защите на соискание ученой степени
доктора технических наук по специальности 05.02.07 - Технология и
оборудование механической и физико-технической обработки

Диссертационная работа Вегеры И.И. соответствует приоритетным направлениям научной, научно-технической и инновационной деятельности Республики Беларусь на 2021–2025 годы, утвержденным Указом Президента Республики Беларусь от 7 мая 2020 г. № 156, п. 4. «Машиностроение, машиностроительные технологии, приборостроение и инновационные материалы: машиностроение и машиноведение; производственные автоматизированные комплексы», и направлена на решение актуальнейшей для Республики Беларусь научно-технической проблемы обеспечения технологической безопасности посредством концептуального развития технологии и создания отечественного оборудования для скоростного термического упрочнения деталей машин.

Для достижения поставленной цели автором получены результаты, научная новизна которых заключается в установлении закономерностей скоростной термической обработки сталей и сплавов различного состава:

1. Впервые установлены закономерности процесса фазовой перекристаллизации в интервале скоростей индукционного нагрева (ИН) 50–100°C/с до температур выше точки A_{c3} фазового превращения $\alpha\text{-Fe} \rightarrow \gamma\text{-Fe}$ низкоуглеродистых конструкционных сталей, содержащих образующиеся при термических сварочных и деформационных воздействиях локальные зоны с метастабильной дефектной структурой, отличающиеся от трансформации структуры при стационарном печном нагреве тем, что при температурах выше точки A_3 происходит образование однофазной аустенитной структуры, размер зерна которой ограничен кратковременностью (<20 с) ИН до температур 920°C–1000°C, а при последующем охлаждении ниже точки A_{c3} , соответствующей температурному диапазону 840°C–870°C $\gamma\text{-Fe} \rightarrow \alpha\text{-Fe}$ превращения, – образование и рост зерен феррита по границам зерен аустенита с формированием мелкозернистой структуры с размером 5–10 мкм, что обеспечивает идентичность окончательно сформированной феррито-перлитной структуры по всему объему сварных изделий. Зоны сварных соединений, термического влияния и пластических деформаций приобретают при этом близкие к уровню основного металла значения ударной вязкости и микротвердости, исключаяющие, вследствие высокой пластичности ($\delta \geq 20\%$), усталостный излом при эксплуатации изделий.

2. Установлены зависимости влияния скорости ИН под закалку на механические свойства и особенности структурных и фазовых превращений в сталях, содержащих α -(Cr, Si, Mo) и γ -стабилизирующие (Mn, Ni, V) легирующие элементы, и оптимизированы режимы их термообработки, заключающиеся в том, что ИН доэвтектоидных Mn-, Ni- и V-содержащих сталей проводят при температурах, превышающих на 50°C–100°C соответствующие этим сталям температуры печного нагрева, а ИН Cr-, Si-, Mo-содержащих и заэвтектоидных



сталей – при температурах на 100°C – 150°C выше, чем при печном нагреве, с изотермической выдержкой от 3 до 5 с для более полного растворения карбидных фаз, равномерного распределения углерода и легирующих элементов, что позволило за счет гомогенизации аустенитной структуры обеспечить при последующей закалке диспергирование мартенситных составляющих с размером зерна 5–15 мкм, образование высокодисперсных карбидных включений, частичное сохранение пластичных фаз, тем самым повысить прочность сталей на 50–100 МПа и пластичность на 3%–5% при исключении окисления, угара и обезуглероживания металла.

3. Экспериментально установлены закономерности влияния карбидных, боридных, силицидных и нитридных фаз на микротвердость поверхностного слоя сталей, подвергнутых скоростной индукционной термообработке и последующему лазерному модифицированию, позволившие определить технологические режимы индукционной обработки, обеспечивающие оптимальное сочетание прочностных и пластических свойств сталей, а при последующей лазерной обработке получается модифицированный поверхностный слой толщиной 100–200 мкм с микротвердостью в пределах от 6 ГПа (при использовании SiC) до 18 ГПа (при легировании Cr_3C_2), при этом формируется градиентная макроструктура материала, состоящая из вышеуказанного поверхностного слоя, приповерхностного слоя мартенсита толщиной до 0,3 мм с твердостью до 800 HV₅₀ и зоны термического влияния толщиной до 0,6 мм с переменной твердостью 800–500 HV₅₀.

4. Разработаны компьютерные модели температурных и электромагнитных полей, формируемых при ИН и последующем охлаждении деталей, учитывающие длительность, частоту, мощность, профиль индукционного витка и интенсивность охлаждения, позволившие определить оптимальные электрофизические и технологические параметры индукционного оборудования, позволяющего создавать в поверхностных слоях деталей заданное распределение магнитного поля, формирующего индукционные токи различной плотности для реализации локальной термической обработки и получения упрочненных слоев определенной конфигурации и с требуемыми физико-механическими свойствами; предложены универсальные алгоритмы, математические и компьютерные модели использования CALS-технологий для расчёта физико-механических и эксплуатационных свойств деталей после скоростной индукционной обработки и прогнозирования жизненного цикла изделий.

Результаты прикладных научных исследований, отраженные в автореферате, обладают достоверностью и реализованы при разработке технологий и оборудования для упрочнения деталей с обеспечением требуемых механических свойств в зависимости от условий эксплуатации. Разработанные технологии и оборудование внедрены на ведущих машиностроительных предприятиях и холдингах Республики Беларусь (ОАО «Минский тракторный завод», ОАО «Амкордор», ОАО «Белорусский автомобильный завод», ОАО «Бобруйскагромаш», ОАО «Могилевлифтмаш», ОАО «БМЗ») и Российской Федерации (ИЗ-КАРТЭКС, ПАО «КАМАЗ», ПАО «УРАЛ», ПАО «Уралмашзавод»). Всего в период с 2014 года по 2025 год выпущено и реализовано оборудования на сумму более 24 млн рублей и термически обработано деталей на производстве ГНУ «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси» на сумму более 6 млн рублей.

Основные положения диссертации опубликованы автором в монографии

«Обработка изделий машиностроения с применением индукционного нагрева», 26 статья в научных изданиях в соответствии с пунктом 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, 22 статья в сборниках научных трудов, включенных в перечень ВАК, а также в 7 патентах Республики Беларусь и Евразийского патентного ведомства на полезные модели и изобретения. Основные положения и результаты диссертации были доложены в период с 2005 года по 2025 год более чем на 40 международных и республиканских научно-технических конференциях, симпозиумах и семинарах.

В качестве замечания следует отметить:

1. Ограниченный объем автореферата не позволяет в полной мере представить результаты, полученные автором при выполнении диссертационного исследования.

Указанное замечание не снижает научной и практической значимости представленной работы.

Материалы автореферата свидетельствуют о том, что диссертационная работа «Концептуальное развитие технологии и создание оборудования скоростного термического упрочнения деталей машин» соответствует требованиям, предъявляемым ВАК Республики Беларусь к докторским диссертациям, а её автор Вегера Иван Иванович заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.07 - Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Начальник научно-технического центра-
заведующий лабораторией
государственного научного учреждения
«Объединённый институт машиностроения
Национальной академии наук Беларуси»
доктор технических наук, доцент



Д.А. Дубовик

Подпись Дубовика Д.А. удостоверяю.

Заместитель генерального директора
по научной работе и инновационной деятельности
государственного научного учреждения
«Объединённый институт машиностроения
Национальной академии наук Беларуси»
кандидат технических наук




О.М. Еловой

Поступил в совет 01.07.2026
Уд. секретарь совета
Лыкевич А.К.