

УДК 621.785.532

А.Ю. Сураева, студ., МГГУ, научный руководитель Н.Б. Шубина, проф., канд. техн. наук.

9. Повышение качества зубчатых колес горных машин.

Рассмотрены состояние технологических процессов цементации деталей горных машин, существующие прогрессивные процессы и оборудование для цементации, приведены требования к оборудованию для формирования требуемых показателей качества цементуемых деталей горных машин.

***Ключевые слова:** процессы цементации, оборудование для цементации, горное машиностроение, показатели качества*

A.J. Suraeva stud., MSMU, N.B. Shubina ,prof.

IMPROVEMENT OF QUALITY OF COGWHEELS OF MINING MASHINES

Technical processes of cementation state of parts of mining machines, existing progressive processes and equipment for cementation, there are equipment requirements for the formation of required quality carburized parts of mining machines is considered.

***Key words:** processes of cementation, equipment for cementation, the mining engineering, of required quality.*

Зубчатые колеса горных машин являются тяжелонагруженными деталями, работающими в условиях высоких циклических, изгибных и контактных нагрузок, удара и износа. Их качество зависит от применяемых материалов, технологических процессов механической, предварительной и окончательной термической обработки.

Наиболее узким местом в производстве зубчатых колес является процесс окончательной термической обработки – химико-термическая обработка (ХТО). Большинство зубчатых колес подвергаются ХТО – цементации с последующей закалкой и отпуском.

Качество деталей, подвергнутых ХТО, определяется следующими показателями:

- твердость поверхности и сердцевины;
- структура поверхностного слоя и сердцевины;
- глубина насыщения;
- концентрация насыщаемых элементов на поверхности и их распределение от поверхности и сердцевины;
- точность размеров и точность формы деталей после ХТО.

Достижение требуемых значений этих показателей в значительной мере зависит от уровня технологического процесса ХТО.

Уровень технологического процесса (Методические указания. ЕСТПП. Аттестация технологических процессов. РД. 50-532-85) характеризуют следующие свойства:

- прогрессивность технологического оборудования;
- степень механизации и автоматизации;
- производительность труда;
- аффективное использование материалов.

Широко применявшиеся до настоящего времени традиционные процессы цементации в среде природного газа при давлении в печи $3 \cdot 10^4 \dots 4 \cdot 10^4$ Па последующей закалкой в масло не обеспечивали постоянства результатов ХТО, имели место высокий расход газов и большое количество горючего обработанного газа, загрязняющего окружающую среду и требующего дополнительной энергии для его дожигания, в рабочем пространстве печи скапливалось большое количество сажи. Кроме того, закалка в масло приводила к существенному короблению (деформации) деталей. Этот процесс характеризуется также отсутствием стабильности (повторяемость результатов).

Прогрессивное оборудование для ХТО должно отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать ускоренный нагрев (высокую скорость теплопереноса) для уменьшения времени процесса;
- иметь высокую теплоизоляцию;
- иметь возможность применения «гибких» технологий;
- иметь возможность заправки в газовой среде;
- иметь возможность обеспечения реверсируемого движения газовой среды;
- обеспечивать точность размеров и формы деталей после ХТО с целью исключения последующей обработки;
- обеспечивать оптимизацию диффузионных процессов с целью надежной повторяемости результатов;
- удовлетворять более жестким требованиям по экологичности производственных процессов;
- обеспечивать высокоэффективный отвод тепла при заправке;
- обеспечивать получение равномерного нагрева и стабильно равномерную глубину слоя на поверхности и в глубоких отверстиях;
- обеспечивать постоянство получения требуемой эффективной глубины слоя, заданной концентрации углерода и (или) азота на поверхности детали;
- обеспечивать надежную защиту от насыщения поверхностей, не подлежащих насыщению;

➤ обеспечивать оптимальные соотношения эффективность/ стоимость.

В настоящее время получили применение процессы ионной цементации [4], нитроцементации, азотирования в вакуумных печах в плазме тлеющего разряда. В основе этих процессов лежит метод активации тлеющим разрядом газовой среды и обрабатываемой поверхности, происходит ионизация газовой среды, давление в печи находится в пределах 10^3 Па. Ионизированная атмосфера обладает высокой насыщаемой способностью, обеспечивает высокое качество диффузионного слоя. Высокая кинетическая энергия ионов углерода приводит к сокращению времени цементации в 1,5 – 2 раза.

В обычных цементационных печах выбор рабочих газов и регулирование концентрации углерода являются весьма сложным вопросом. А цементация вакуумно - ионным способом позволяет достаточно легко и точно контролировать глубину науглероживания концентрацию углерода в поверхностном слое путем регулирования плотности тока разряда при постоянстве расхода и давления газов в зависимости от производительности.

Внедрение процесса цементации в тлеющем разряде позволило сократить расход электроэнергии и цементующей среды, улучшить экологию процесса.

Для защиты от цементации резьбовых и других поверхностей появилась возможность использовать металлические экраны взамен трудоемких процессов меднения и защитных обмазок. Все это позволило снизить производственные затраты в 4-5 раз.

Наряду с процессом ионной цементации получают применение процессы вакуумной цементации. Процесс вакуумной цементации разработанный в начале 70-х годов (фирма Degusa и др.) с использованием CH_4 в качестве карбюризатора и давлением в нем $4 \cdot 10^4$ Па, не смотря на существенные достоинства (отсутствие окисления поверхностного слоя в свободной от кислорода атмосфере, благоприятный для окружающей среды метод, возможность охлаждения при закалке в газовой среде) не получил широкого применения из-за низкой скорости диссоциации CH_4 при t 950°C и необходимости повешения температуры 1100°C . Высокая температура процесса приводила к увеличению размера зерна и для его измельчения требовалась дополнительная обработка термоциклированием.

Этих недостатков лишена вакуумная цементация в ацетилене, который активно диссоциирует на поверхности стальных деталей при давлении в печи 4-15 мб и температуре 950°C [1],[4] Наилучший результат получен при циклической подаче

ацетилена [5] - чередовании активных и пассивных стадий, при постоянном давлении (рис. 1) и особенно при пульсирующем давлении (рис. 2).

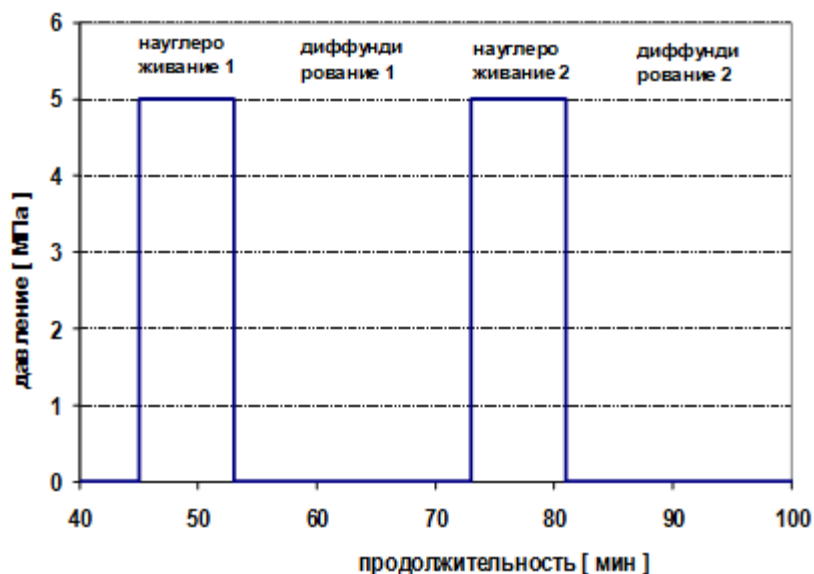


Рис1. Цикл с постоянным давлением[1].

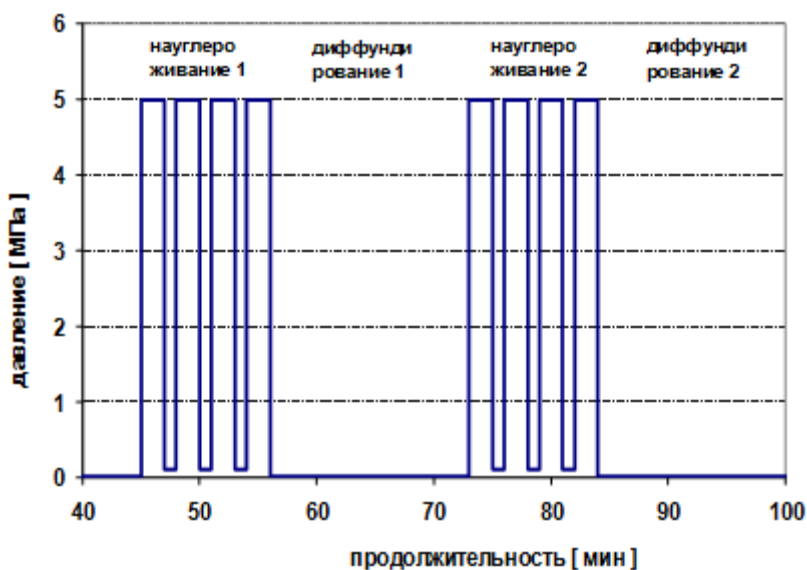


Рис. 2. Цикл с пульсирующим давлением [1].

Существенным достоинством применения в качестве карбюризатора ацетилена является безопасность процесса и простота процесса обеспечения временного процесса подачи ацетилена [1].

Эффективность процесса повысило также применение циркуляционного метода ХТО (реверсируемое движение газовой среды)[3].

Большое значение для обеспечения качества деталей, подвергающихся ХТО, имеет обеспечение высокоэффективного отвода тепла при закалке.

Существующие системы охлаждения:

- a) Принудительно-циркулирующим маслом
- b) газом высокого давления (Ar, N₂, He, H₂)
- c) Статическим газом (Ar, N₂)
- d) В вакууме

Анализ систем охлаждения показал, что охлаждение в газовых средах при высоком давлении (15-20 бар) имеет большие преимущества по сравнению с закалкой в масло:

- минимальное коробление деталей и, следовательно, минимальная последующая механическая обработка;
- высокая однородность закалки;
- простота управление процессом;
- минимальная пожароопасность;
- не требуется мойка деталей и, следовательно, оборудование для мойки, очистка сточных вод, утилизация отходов и т.д;
- применяемые газы безвредны для работающих и не загрязняют окружающую атмосферу.

Все это обеспечивает высокую технико-экономическую эффективность, качество закаленных деталей и экологичность процесса.

Сравнительный анализ способов цементации зубчатых колес из стали 16ХЗНВФМБ-Ш газовой в среде природного газа, ионный и вакуумный [6] показал ,что наиболее стабильные результаты получаются при ионной и вакуумной цементации. Оба способа отвечают требованиям энергосбережения, экологичности и интенсификации технологии и повышению качества зубчатых колес.

Для изготовления тяжело нагруженных зубчатых колес горных машин начали применять сталь 20ХЗНЗМФБА сопоставимую по ряду показателей структуры и свойств сталью, исследованной в работе [6] и основные результаты, полученные в указанной работе представляют несомнительный интерес для горного машиностроения. Преимущества и недостатки процессов ионной и вакуумной цементации представленные в таблице с учетом данных [6].

Сравнительная оценка способов вакуумной и ионной цементации.

Таблица

Преимущества	Недостатки
Вакуумная цементация	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ высокая скорость поступления углерода из газовой среды; ➤ высокий углеродный потенциал; ➤ саморегулирование процесса поступления углерода в поверхностный слой, нет необходимости регулировать углеродный потенциал атмосферы; ➤ простота управления процессом; ➤ высокая повторяемость результатов обработки; ➤ простота технологической подготовки проведения процесса; ➤ менее сложное технологическое оборудование 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ограниченная технологическая гибкость; ➤ сложность защиты от науглероживания (многие защитные покрытия испаряются в вакууме)
Ионная цементация	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ высокая технологическая гибкость; ➤ высокая скорость роста слоя (в 1,5 раза выше, чем у вакуумной цементации); ➤ простота защиты от науглероживания 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ невозможность контроля углеродного потенциала; ➤ зависимость результатов насыщения от площади поверхности деталей; ➤ необходимость контроля большой группы технологический факторов; ➤ сложная технологическая подготовка для проведения процесса науглероживания

Выводы:

1. Зубчатые колеса горных машин работают в тяжелых условиях эксплуатации, однако большинство деталей, подвергаемых химико-термической обработке, не отвечают в полной мере предъявляемым к ним требованиям.
2. Необходимо исключать традиционные технологии ХТО и ориентировать термические цехи заводов машиностроения на внедрение новых процессов, в том числе вакуумную цементацию при пониженном давлении с использованием в качестве карбюризатора ацетилена с циклической реверсируемой подачей газовой среды и последующей закалкой в холодной камере газом под давлением до 2МПа.
3. Для получения большой глубины цементированного слоя рекомендуется ионная цементация, но по совокупности показателей и, учитывая возможности использования временного режима подачи ацетилена и более широкий опыт промышленного использования вакуумной цементации, для большинства зубчатых колес горных машин наиболее рациональным способом науглероживания сталей следует считать вакуумную цементацию в ацетилене.
4. При выборе оборудования, учитывая достаточно многочисленные предложения на этом рынке (ALD Германия, SEKO/warwick Польша, Irsen Германия, ЗАО ИЭЦ ВНИИЭТО МО г.Истра, Магма Трейд г.Магнитогорск, НАКАЛ г. Солнечногорск и др.), целесообразно руководствоваться рекомендациями, представленными в настоящей работе.

Список литературы:

1. **Рыжов Н.М. и др.** Особенности вакуумной цементации, теплостойкость стали в ацетилене, «Металловедение и термическая обработка металлов», №6, 2004
2. **Арзамасов Б.Н.** Циркуляционный метод химико-термической обработки, «Металловедение и термическая обработка металлов», №6, 2004
3. **Kula P., Olejnik J., Kowalewski J.,** New vacuum carburizing technology, «Heat treatment progress». 2001, v.1, n. 1
4. **Yrafen W., Sdenhofer B.** Acetylene low-pressure carburizing – a novel and superior carburizing technology, «Heat treatment of metals», 1999 v.26, w. 4.
5. **Рыжов Н.М., Фахуртдинов Р.С., Смирнова А.Е.** Циклическая прочность сталь 16Х2Н3ФБМ-Ш после вакуумной цементации //Металловедение и термическая обработка.№2.2010. с31-36.

6. **Рыжов Н.М., Фахуртдинов Р.С., Смирнова А.Е., Фомина Л.П.** Анализ способов цементации зубчатых колес из теплостойких сталей// *Металловедение и термическая обработка.* №6.2010.
7. . **Елисеев Ю.С.** Научные основы совершенствования технологии изготовления зубчатых колес ГТД//*Двигатели.* №6.2009.