

менных нагрузок, нет научно обоснованных рекомендаций по применению покрытий в соответствии с условиями эксплуатации деталей, не решен вопрос упрочнения тел качения, обладающих специальными свойствами. Все это ограничивает возможности более широкого применения упрочняющих покрытий. Поставленные задачи применительно к направляющим качения со специальными свойствами решались соответствующим подбором материалов подложки и покрытия в сочетании с управлением технологическими параметрами процессов нанесения и обработки покрытий на базе комплексного исследования процесса получения, обработки и эксплуатации деталей с покрытиями, включающего в себя следующее: построение физической и математической модели процесса; прогнозирование выходных характеристик упрочненных деталей; разработку принципов построения технологических процессов упрочнения деталей; создание специального оборудования, обеспечивающего проведение экспериментов, а также получение высокого качества наносимых покрытий.

УДК621.833

### **Вакуумная цементация стальных деталей машиностроения**

**Шейна Р. А., студент**

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Орлова Е. П.*

Аннотация.

В данной научной статье рассматривается вопрос увеличения производительности и уменьшения энергозатрат вакуумной цементации. Описан метод, который основывается на использовании мелкозернистых сталей.

Вакуумная цементация – это процесс, используемый в металлургии для получения стальных деталей с улучшением механических свойств металлических деталей таких как твёрдость, износостойкость и прочность. Процесс является энергоёмким, и поэтому существует потребность в изучении более энергоэффективных методов

вакуумной цементации. Процесс включает несколько стадий, требующих значительных затрат энергии:

1. Нагрев деталей – одна из самых энергоемких стадий, на которую приходится около 60 % всех затрат. На этом этапе требуется энергия для нагрева деталей до температуры, необходимой для науглероживания.

2. Энергоснабжение для условий науглероживания является еще одним значительным фактором, который вносит вклад в потребление энергии. Сюда входят затраты энергии, необходимые для создания атмосферы науглероживания внутри печи, поддержания рабочего давления и выполнения операций, связанных с созданием вакуума, ионизацией и/или созданием защитной атмосферы. Эти затраты могут варьироваться в зависимости от конкретных условий, необходимых для процесса науглероживания.

3. Подготовительные операции (загрузка и выгрузка деталей).

Одним из способов, который может повысить производительность процесса, является увеличение температуры вакуумной цементации. Это позволяет ускорить процесс за счет того, что при повышении температуры происходит более интенсивная диффузия углеродородного газа. Однако необходимо отметить, что повышение температуры может также привести к быстрому росту зерна в широко используемых сталях, таких как 20ХНР, 20ХН3А и 15ХГН2ТА. Такой рост зерна может привести к тому, что размер зерна в стали превысит допустимые пределы, что сделает ее непригодной для высокотемпературного науглероживания. Позволяет это сделать использование мелкозернистых сталей, например, сталь 20ХГНМБ. Эта сталь не подвержена быстрому росту зерен при повышенной температуре, в отличие от других широко применяемых сталей (20ХНР, 20ХН3А, 15ХГН2ТА). Интервал температур для термообработки мелкозернистых сталей значительно шире, чем у крупнозернистых.

В результате использования стали 20ХГНМБ при вакуумной цементации, можно достичь повышения температуры цементации до 1030 °С, при этом величина зерна в цементованном слое будет достигать около 24 мкм, в то время как сталь 20ХН3А будет иметь такую же величину зерна уже при температуре 970 °С.

Таблица 1 – расход электроэнергии на оборудовании «ModulTherm 7/1» фирмы «ALD Vacuum Technologies GmbH» для цементации стали 20ХГНМБ

Температура цементации	Затрачиваемая электроэнергия на обработку одной садки	Затрачиваемое время на обработку одной садки
960 °С	495,3 кВт×ч	391 мин
1030 °С	314,1 кВт×ч	248 мин

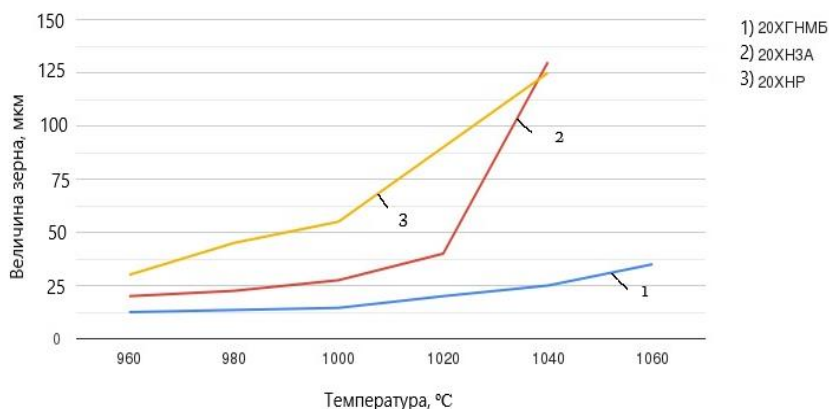


Рис. 1. Зависимость величины зерна стали от температуры цементации

Используя мелкозернистые стали при вакуумной цементации, мы можем достичь повышения температуры цементации на 30–40 °С при одновременном сокращении процесса на 20–30 %.

### Список использованных источников

1. Влияние вакуумной цементации на микротвердость и износостойкость сталей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.heatreattoday.com/>.
2. Энергозатраты на вакуумную цементацию деталей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blog.metlabheattreat.com/>.
3. Влияние температуры цементации на микроструктуру сталей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ritm-magazine.com/>.