

## СЕКЦИЯ II МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

---

### К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ТОРЦОВО-ПРЕССОВОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

М. В. Аникеева

*Учреждение образования «Белорусский государственный  
университет транспорта», г. Гомель*

Научный руководитель В. И. Врублевская

**Введение.** Долговечность машин и механизмов в значительной степени зависит от интенсивности изнашивания отдельных деталей. Одним из элементов, снижающим срок службы машины, является подшипник скольжения. Отказы подшипниковых узлов (ПУ) ведут к простоям техники, потерям производительности и увеличению себестоимости продукции.

Материалы, применяемые при производстве элементов подшипников скольжения, являются дорогостоящими и их замена для ряда узлов трения – основное направление повышения надежности и долговечности машин.

В соответствии с условиями работы, характеризующимися сложным комплексом возникающих в металле напряжений, материал внутреннего кольца должен обладать высокой твердостью, износостойкостью, контактной выносливостью и прочностью, определяющими способность детали противостоять значительным статическим и динамическим нагрузкам.

Обеспечение высокой работоспособности узлов трения возможно при использовании подшипников скольжения с самосмазывающейся втулкой торцово-прессового деформирования природного композиционного материала с внутренним кольцом из не дефицитных марок сталей, упрочненных различными видами термической обработки.

Цель исследований: проведение серии испытаний для установления возможности использования конструкционной среднеуглеродистой легированной Стали 45Х и цементуемой низкоуглеродистой легированной Стали 18ХГТ в качестве материала для внутренних колец подшипников скольжения самосмазывающихся из прессованной древесины.

**Методика исследований.** Образцы из Стали 45Х обрабатывались объемной закалкой при температуре нагрева 850 °С с охлаждением в масле и низким отпуском при температуре нагрева 200 °С.

Испытуемые образцы из Стали 18ХГТ обрабатывались цементацией при температуре нагрева  $T_n = 940$  °С и времени выдержки  $t = 7$  ч, закалкой при температуре нагрева  $T_n = 840$  °С, низким отпуском при температуре нагрева  $T_n = 200$  °С в течение  $t = 2$  ч.

Объект триботехнических исследований представлял собой ролик наружным диаметром 40 мм и внутренним 16 мм. Образцы из Стали 45Х, Стали 18ХГТ подвергались термической обработке до твердости 55–60 HRCэ для проведения экспериментов и сравнения полученных результатов при разных способах термообработки. В качестве контртела применяли вкладыш из природного композиционного мате-

риала (березы). Испытания проводили на машине трения СМТ-1. Граничное трение пары «Вал – частичный вкладыш» производилось при различных режимах нагружения [1], [2]. Испытания для определения зависимости коэффициента трения от нагрузки при различных скоростях скольжения, зависимости температуры от продолжительности экспериментов проводились в условиях граничного трения при давлениях  $p = 0,5; 1; 1,5; 2$  МПа и скоростях скольжения  $v = 0,25; 0,5; 0,75; 1$  м/с, плотности испытываемых материалов  $\rho_{1,2} = 7,8$  г/см<sup>3</sup> и  $\rho_3 = 1,1$  г/см<sup>3</sup>; площади поверхностей трения –  $A = 2 \times 10^{-4}$  см.

**Результаты испытаний.** Определено, что при увеличении нагрузки коэффициент трения у обоих материалов уменьшается.

У Стали 45Х величина коэффициента трения при малой скорости скольжения  $v = 0,25$  м/с и нагрузке  $N = 100$  Н составляет  $f = 0,26$  и снижается до  $f = 0,1$  при увеличении нагрузки до  $N = 400$  Н. При большой скорости скольжения  $v = 1$  м/с материал способен стабильно работать при нагрузке  $N = 200$  Н, температуре в зоне контакта узла трения  $T = 116$  °С, а изменение значения коэффициента трения колеблется от 0,24 до 0,17.

У Стали 18ХГТ при скорости скольжения  $v = 0,25$  м/с с повышением нагрузки  $N = 100–400$  Н коэффициент трения варьирует от 0,18 до 0,097. Температура узла трения повышается до 53 °С, а коэффициент трения стабилизируется в пределах 0,095–0,097. При скоростях скольжения 0,5–1 м/с и нагрузках до 300 Н коэффициент трения уменьшается, а затем наблюдается его незначительный рост при достижении нагрузки 400 Н (рис. 1).

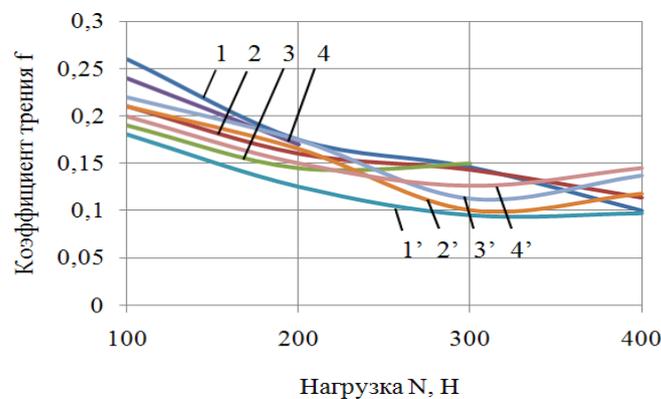


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от нагрузки при различных скоростях скольжения:  
1, 1' –  $v = 0,25$  м/с; 2, 2' –  $v = 0,5$  м/с; 3, 3' –  $v = 0,75$  м/с; 4, 4' –  $v = 1$  м/с;  
1–4 – Сталь 45Х; 1'–4' – Сталь 18ХГТ

Из вышеприведенных данных видно, что коэффициент трения изменяется в зависимости от нагрузки при различных скоростях скольжения. До температуры  $T = 100$  °С коэффициент трения  $f$  снижается, а затем резко увеличивается. Это объясняется тем, что при повышении температуры до  $T = 100$  °С из древесины удаляется связанная влага, которая служит смазкой и снижает коэффициент трения. При дальнейшем повышении скорости скольжения и нагрузки температура в зоне трения увеличивается. Происходит взаимодействие гидроксильных групп компонентов древесины с окисным слоем металла из-за отсутствия влажной прослойки и в результате чего наблюдается рост коэффициента трения.

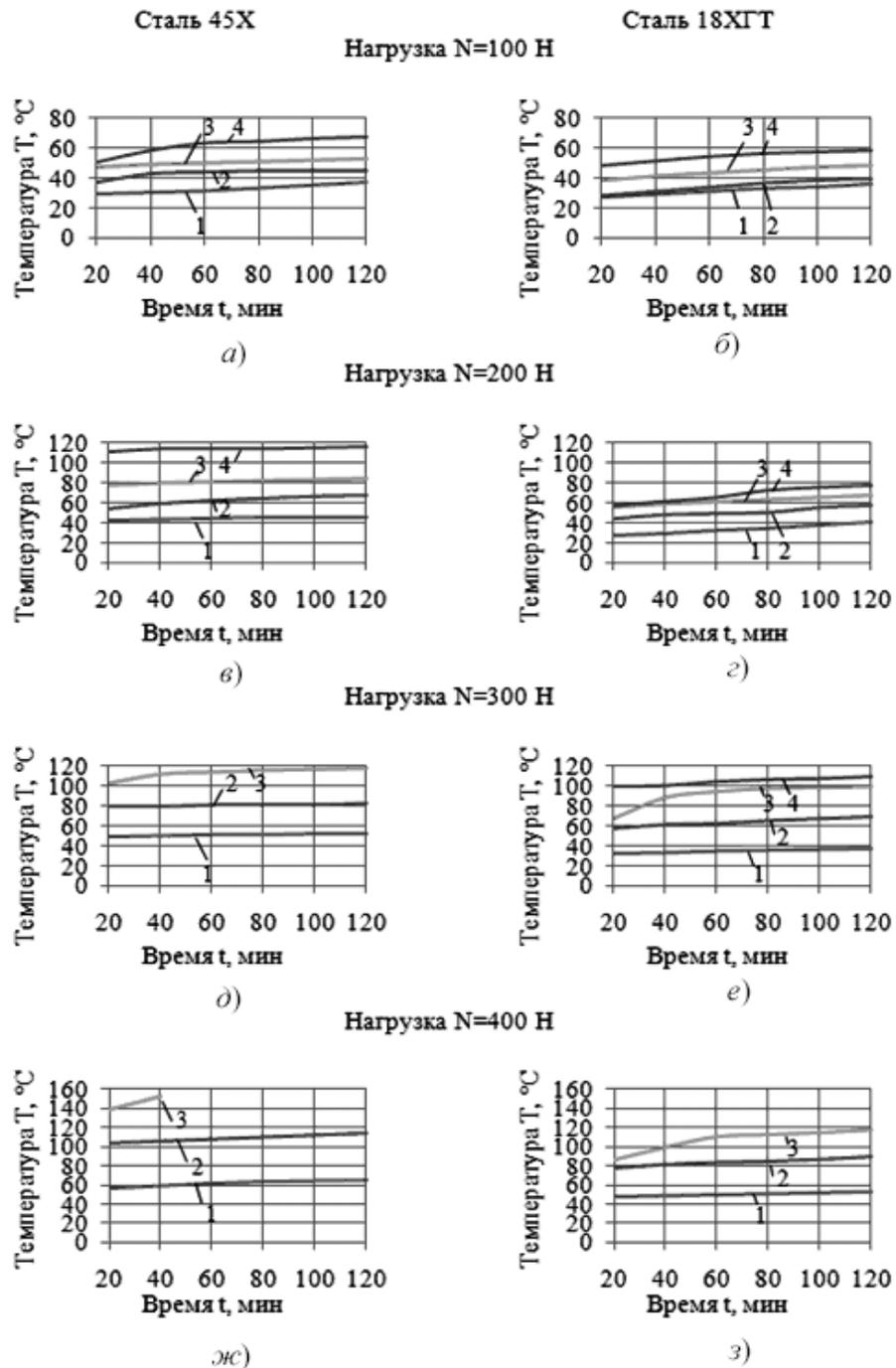


Рис. 2. Зависимость температуры от продолжительности испытаний при различных нагрузках и скоростях скольжения для Стали 45Х и Стали 18ХГТ:

1 –  $v = 0,25$  м/с; 2 –  $v = 0,5$  м/с; 3 –  $v = 0,75$  м/с; 4 –  $v = 1$  м/с;

а, в, д, ж – Сталь 45Х; б, г, е, з – Сталь 18ХГТ

Установлено, что генерируемая температура в зоне трения возрастает с увеличением продолжительности испытаний (рис. 2). Повышение температуры происходит из-за уменьшения и разрыва смазочной прослойки древесины, вследствие чего некоторое количество гидроксильных групп компонентов древесины взаимодействует с окисным слоем металла.

## Литература

1. Прушак, В. Я. Методы испытаний материалов на трение и износ : учеб. пособие для студентов вузов / В. Я. Прушак. – М. : Высш. шк., 1999. – 62 с.
2. Богданович, П. Н. Трение и износ в машинах / П. Н. Богданович, В. Я. Прушак. – М. : Высш. шк., 1999. – 374 с.

## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ УПРОЧНЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПОЛУТЕПЛОСТОЙКОЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СТАЛИ X12M

Е. А. Астапов

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель Е. П. Поздняков

**Введение.** Основным параметром, определяющим ресурс работы штампового инструмента, является его износоустойчивость, т. е. способность поверхностного слоя материала противостоять зарождению и распространению трещин контактной усталости. Механизм такого разрушения сопровождается появлением на контактной поверхности деформирующего инструмента сколов и питтингов, нарушающих гравюру изделия [1], [2]. Чтобы противостоять износу, штамповый инструмент подвергают различным видам химико-термической обработки. Широкое распространение среди них получили процессы азотирования или низкотемпературной нитроцементации. Второй способ отличается дешевизной процесса по сравнению с азотированием и особенно актуален в условиях единичного или мелкосерийного производства [3].

В данной работе приведены исследования структуры и твердости поверхностных слоев полутеплостойкой инструментальной стали X12M, полученных при помощи низкотемпературной нитроцементации в течение 17 и 140 ч.

**Объекты и методы исследований.** Объектом исследований являлись диффузионно-упрочненные слои полутеплостойкой инструментальной стали X12M. Предварительная термическая обработка всех партий образцов представлена в таблице.

### Режимы термической обработки образцов из стали X12M

Режим термической обработки		Номер партии образцов		
		1 (◆)	2 (○)	3 (●)
Закалка	Первый подогрев, °С	425		
	Второй подогрев, °С	825		
	Окончательный нагрев, °С	1170	1140	1040
	Охлаждающая среда	воздух		Масло
	Криогенная обработка	–196		–196
Отпуск, °С		550 (3 раза)		200
Твердость, HRC		58–60	60–61	65–66

Финишной операцией упрочнения стали X12M являлась низкотемпературная нитроцементация. В целях оценки влияния азота на структурные и дюрOMETрические изменения температура насыщения составляла 520–560 °С с длительностью процесса 17 и 140 ч. При таких температурах в поверхность образцов диффундирует преимущественно азот [3], [4]. Нитроцементация проводилась в твердом карбюризаторе на ос-