На примере проектирования литых конструкций из оловянистой бронзы показано, что использование методов экологического проектирования и инновационных методов определения физико-механических характеристик материалов позволило исключить дополнительную доводку образца, снизить вес конструкции и негативное воздействие на окружающую среду.

При годовом выпуске литых конструкций из оловянистой бронзы в 70 тонн в печах сопротивления типа СМБ сокращение негативных выбросов в атмосферу составило по:

- пыли 3 кг;
- оксиду углерода 1 кг;
- оксидам азота 1,5 кг;
- прочим выбросам 0,6 кг.

Таким образом, на основе разработанных инновационных методов экологического проектирования и определения физико-механических характеристик литейных конструкций (патент № 2431819 от 20.10.2011 Бюл. № 29) впервые получены конструкции с заданными физико-механическими характеристиками, обеспечивающие минимальное негативное воздействие на окружающую среду в жизненном цикле.

Литература

1. Нюнин Б.Н., Графкина М.В. Патент № 2431819 «Способ определения модуля упругости Юнга и коэффициента Пуассона литых деталей» от 20.10.2011 Бюл. № 29
2. Гридел Т.Е., Алленби Б.Р. Промышленная экология: Учебное пособие для вузов /Пер. с англ. под ред. проф. Э.В. Гирусова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 527 с.
3. Графкина М.В. «Экологическое проектирование продукции.» – М.: МГТУ «МАМИ», 2006.– 224 с.

Исследование коллоидно-графитовых теплозащитных покрытий для высокоуглеродистых сталей

к.т.н. доц. Петров А.Н.
МГТУ «МАМИ»
8-916-505-0754, alexander_petr@mail.ru

Аннотация. В данной статье представлены исследования и методика выбора коллоидно-графитовых покрытий для заготовок из высокоуглеродистых сталей. Приведено комплексное исследование коллоидно-графитовых покрытий. Методика оптимального выбора коллоидно-графитовых покрытий учитывает физико-химические и технологические свойства состава покрытия. Выбранные коллоидно-графитовые покрытия по предлагаемой методике нашли применение в процессах полугорячей калибровки подшипниковых колец.

Ключевые слова: горячая объемная штамповка, потеря массы при нагреве, коллоидно-графитовые покрытия, теплозащитные свойства.

В зависимости от требований технологического процесса, материала заготовки, температуры штампов и т.д. смазочные материалы могут наноситься не только на инструмент (штамп), но и на заготовку. В этом случае смазочный материал играет роль теплоизолятора (при нагреве заготовки перед штамповкой) и смазки в процессе штамповки. Известны различные составы покрытий. Например, покрытия на основе стекла успешно используют для изотермической штамповки титановых лопаток. Графитовую суспензию с добавками мела и других компонентов применяют для полугорячей штамповки колец подшипников. Смесь окиси алюминия, медных опилок и асбеста применяют для выдавливания тугоплавких металлов. В статье рассмотрено коллоидно-графитовое покрытие для полугорячей калибровки колец подшипников из стали ШХ15, функциональное назначение которого – защита от окис-

ления при нагреве и смазка штампов при калибровке.

В подшипниковой промышленности для полугорячей калибровки колец, холодную заготовку предварительно покрывают графитовой суспензией, затем нагревают в индукционном нагревателе в течение 40-42 секунд до температуры 650-700^{0}С. Нагретую заготовку калибруют в штампе механического пресса усилием 16МН. Суммарное время нагрева заготовки и калибровки примерно 55сек. Поэтому покрытие должно обладать рядом специфических свойств:

1. хорошей адгезионной способностью;
2. хорошей термостойкостью (до температуры 700^{0}С);
3. хорошей смазывающей способностью.

В таблице 1 приведена схема технологического процесса калибровки колец подшипника.

Существенный недостаток покрытий, применяемых на подшипниковых заводах, – это не только плохая экология заготовительного отделения цеха, где приготавливается рабочая суспензия, но и плохое качество поковок после штамповки. Крупнодисперсный графит (400мкм) скапливается на отдельных участках заготовки, создавая условия его заштамповки. Как следствие, приходится увеличивать припуск на шлифование.

Коллоидно-графитовые суспензии на водной основе позволяют улучшить экологическую обстановку в цехе, повысить качество поковок и снизить припуск под последующее шлифование.

Четыре композиции на водной основе с различным содержанием графита, различной дисперсностью графита и стабилизирующими присадками были подготовлены для исследования адгезионных свойств и свойств при нагреве.

В таблице 2 приведены результаты исследования влияния температуры на потерю массы колец подшипников при нагреве до 700^{0}С.

Таблица 1

Технология штамповки колец подшипников

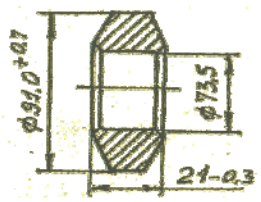
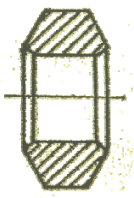
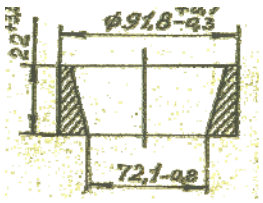
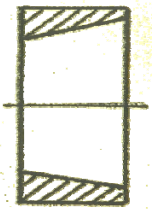
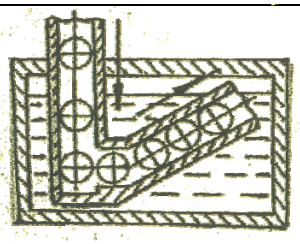
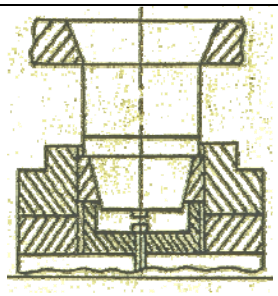
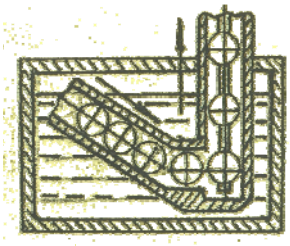
Смазка	Нагрев	Калибровка	Охлаждение
графит -37% мел – 13% мыло – 13% вода – 37%	Т = 640 –700^{0}С	---	Т = с 700 до 50^{0}С
устройство для смазки	индукционная установка	механический пресс 16МН	установка для охлаждения
			
	---		

Таблица 2

Исследование влияния температуры на потерю массы *

№	Массовая доля сухого остатка, %	Стабильность за 1 час, %	Потеря массы % при нагреве до температуры, ^{0}C				
			до 300	до 400	до 450	до 650	до 700
1	54,75	65,10	3,5	7,0	8,2	18,3	23,0
4	35,70	57,90	2,7	6,2	9,8	27,8	31,8
7	55,97	73,00	3,1	6,7	8,1	18,3	23,1
9	29,30	85,80	9,2	12,7	14,9	28,0	31,8
0	32,7	6,4	1,6	4,2	8,2	14,2	23,4

* Образцы подготовлены на ООО «Коллоидно-графитовые материалы»

Для исследования адгезионных свойств использовали косвенный метод. Композиции разбавляли водой в соотношении 1:2, наносили на холодную поверхность металлической пластины и визуально оценивали качество покрытия. Для оценки адгезионных свойств при повышенных температурах пластину нагревали до 700^{0}C и выдерживали в течение 50секунд. Потерю массы при нагреве до 700^{0}C определяли на приборе «Дериватограф». На рисунке 1 графически изображено влияние температуры нагрева на потерю массы образца.

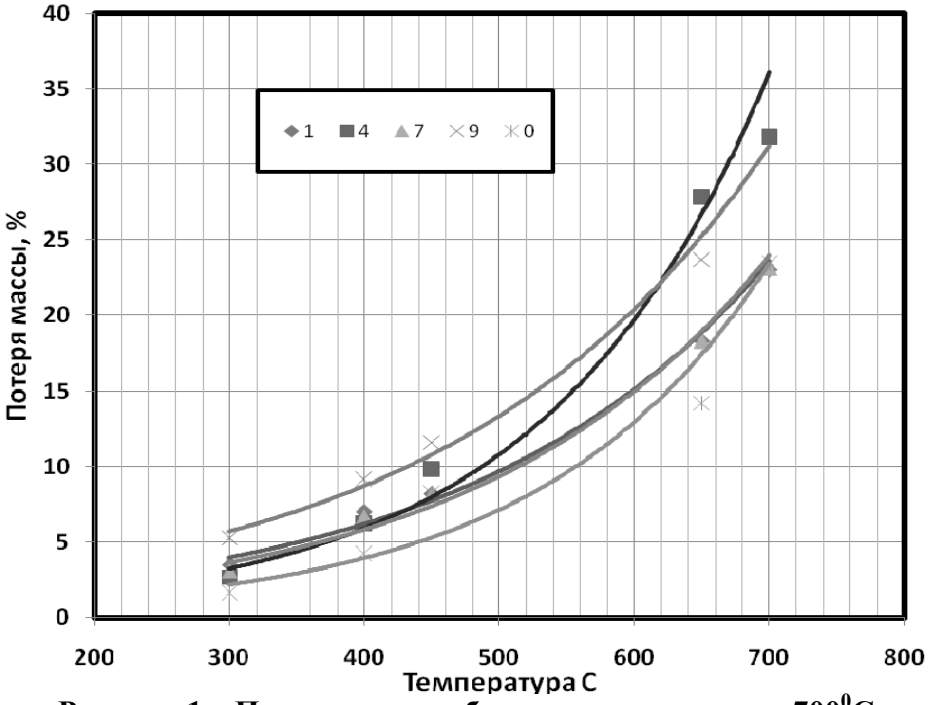


Рисунок 1 – Потеря массы образца при нагреве до 700^{0}C

Для исследования технологических свойств использовали метод осадки кольцевого образца. Кольцевые образцы из стали ШХ15 размером D x d x H = 30 x 15 x 10,5мм осаживали на испытательной машине. «Холодные» образцы покрывали смазочным материалом методом окунания и нагревали до 700^{0}C в течение 42 секунд. Затем осаживали с величиной деформации 30%. В таблице 3 отображены результаты исследований образцов, рисунок 2.

Таблица 3

Исследование трения методом осадки кольцевых образцов

№	Материал	После осадки, мм		Усилие осадки, т.с	Коэфф. трения μ	Качество покрытия
		dcp	hcp			
1	ШХ15	14,59	7,16	75-80	0,37	покрытие осыпается
4	ШХ15	16,06	7,10	85	0,27	плохая адгезия, «залипание» образца к бойку
7	ШХ15	15,30	6,96	82	0,31	плохая адгезия, «залипание» образца к бойку
9	ШХ15	14,97	6,88	82	0,33	ровное покрытие, «залипания» не наблюдалось
0	ШХ15	15,25	6,96	85	0,32	ровное покрытие, «залипание» образца к бойку

На рисунке 3 показаны образцы после осадки. Численное значение коэффициента трения μ определяли с помощью номограммы А. Мэйла, рисунок 4.

Из таблицы 4 можно видеть, что покрытие № 9 имеет хорошую адгезию, а также удовлетворительные термостойкость и смазывающие свойства при калибровке.

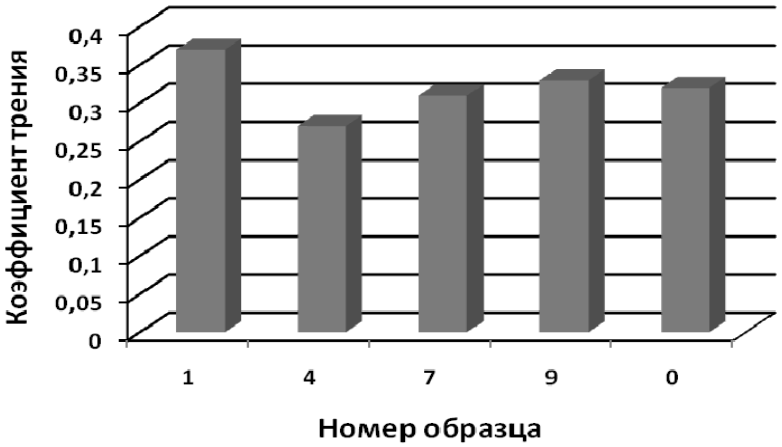
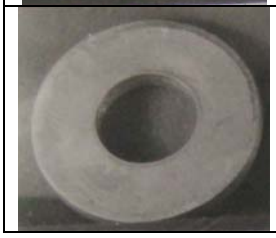
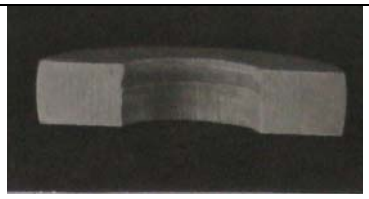


Рисунок 2 – Коэффициент трения

		исходный образец 30 х 15 х 10,5 мм
		базовый образец 0

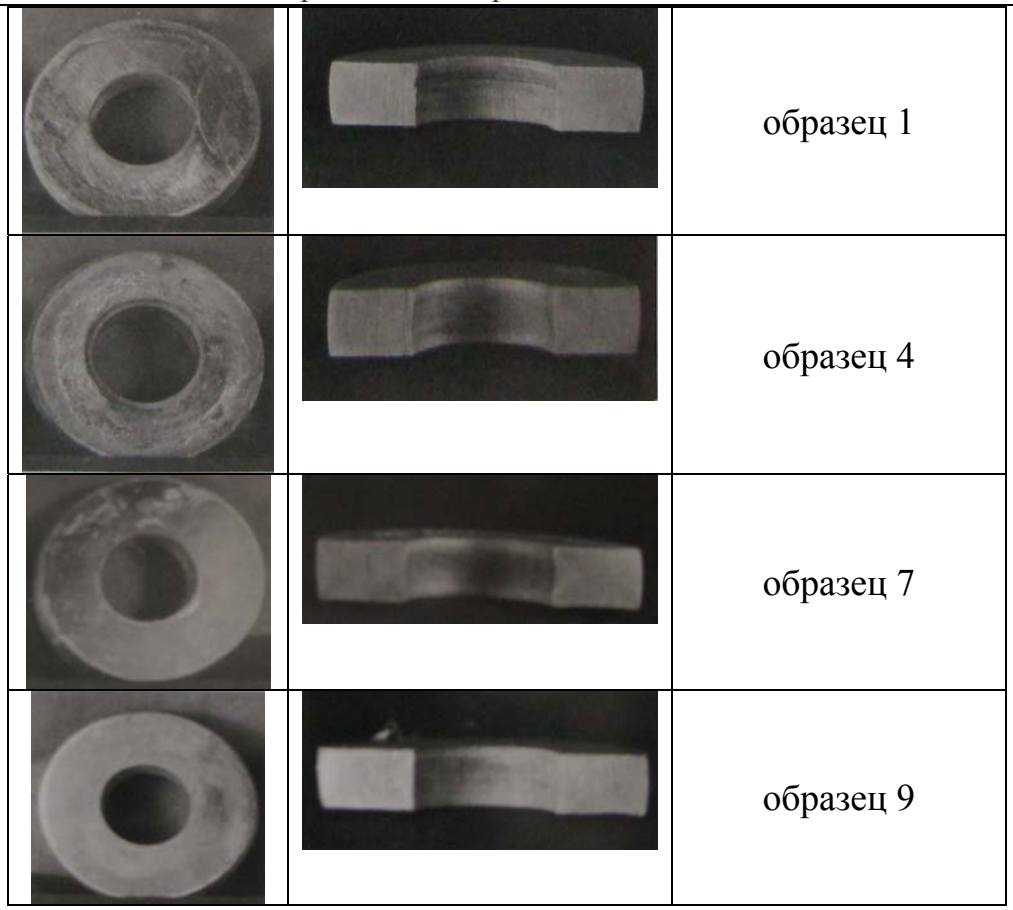


Рисунок 3 – Кольцевые образцы после осадки

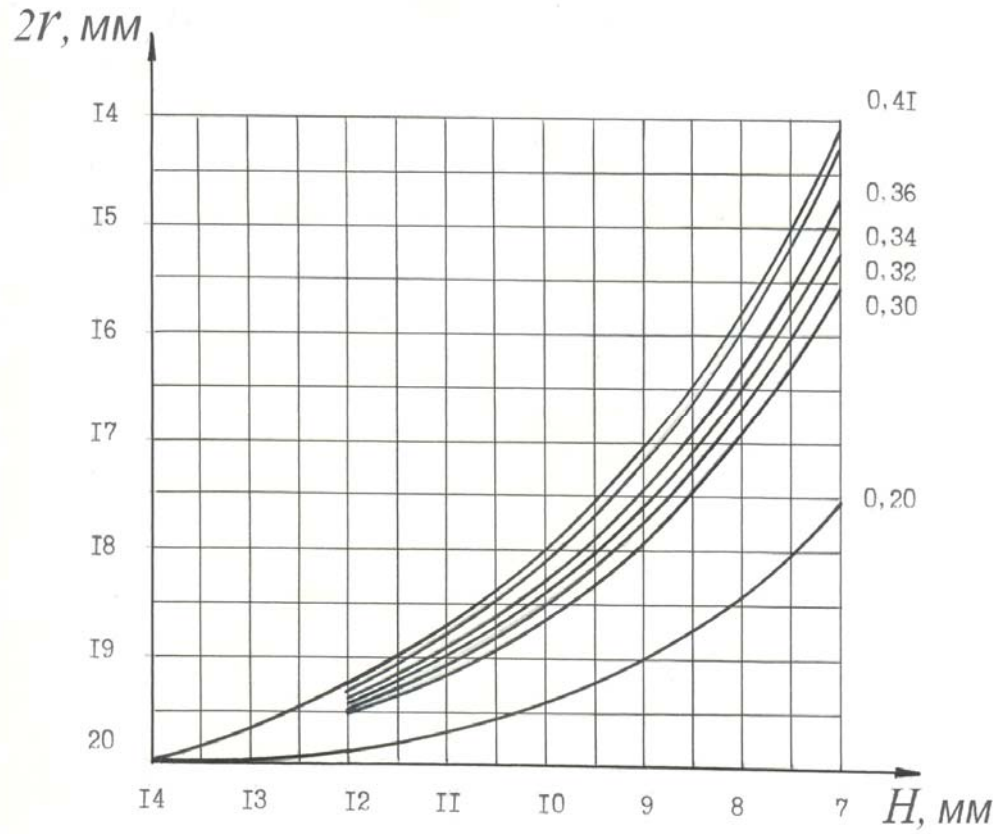


Рисунок 4 – Номограмма А.Мэйла

Таблица 4

Свойства исследованных защитных покрытий

образец	Массовая доля сухого остатка, %	Стабильность дисперсии, %	Потеря массы при Т = 700^0 С, %	Коэффициент трения μ	Качество покрытия
1	54,75	65,10	23,0	0,37	осыпается
4	35.70	57,90	31,8	0,27	плохое
7	55,57	73,00	23,1	0,31	плохое
9	**29,30**	**85,80**	**31,8**	**0,33**	**ровное**
0	32,70	6,40	23,4	0,32	ровное

Учитывая, что создание на поверхности заготовки ровной плотной защитной пленки имеет важное значение для дальнейшей операции нагрева и калибровки, покрытие № 9 взяли для промышленных испытаний. Испытания проводили в цехе производства роликовых подшипников на прессе усилием 6,3 МН. Кольцевые заготовки после прокатки на раскатном стане и механической обработки покрывали смазочным материалом № 9. Далее заготовки нагревали до 700^0С в течение 42 секунд и калибровали на прессе внутреннюю коническую поверхность, рисунок 5. Покрытие № 9 (торговая марка АСВ) успешно прошло производственные испытания и было принято к внедрению на одном из подшипниковых заводов.

Выводы

1. Состав смазочной композиции влияет на технологические свойства и, как следствие, – на качество поковок и стойкость инструмента. В основе методики исследования коллоидно-графитовых покрытий заложены исследования влияния температуры на изменение состава смазочной композиции. Учитывая эти изменения, можно оценить ожидаемые численные значения коэффициента (показателя) трения
2. Технологические свойства исследовали методом осадки кольцевого образца. Численные значения коэффициента трения определяли по номограммам А.Мэйла.
3. Разработанное коллоидно-графитовое теплозащитное покрытие повышает качество поковок, улучшает экологическую среду в кузнечном цехе, повышает стойкость штампов и снижает себестоимость поковок.

Заготовки после прокатки и механической обработки

Поковка после калибровки

Рисунок 5 – Полугорячая калибровка кольца подшипника из стали ШХ15

Литература

1. Петров А.Н., Андрейченко Т.П. Применение коллоидно-графитовых смазочных материалов при горячей обработке металлов давлением // Кузнечно-штамповочное производство и Обработка металлов давлением. М.: 2008, №6, с.39-41
2. Патент № 2224011, 2004 Смазка для заготовок при горячей и полугорячей обработке металлов давлением. Петров А.Н., Сайранова Т.А., Андрейченко Т.П.

Определение коэффициента трения методом осадки кольцевого образца в условиях горячей деформации

к.т.н. доц. Петров А.Н.
МГТУ «МАМИ»
8-916-505-0754, alexander_petr@mail.ru

Аннотация. В данной статье представлен алгоритм расчета и расчет коэффициента (показателя) трения при осадке кольца в условиях горячей деформации. В расчете учитывались температурно-скоростные параметры горячего деформирования: температура заготовки, температура штампов, теплофизические свойства материала заготовки и штампа, параметры оборудования. Получены расчетные кривые зависимости μ=μ (r). Приведены сравнительные результаты расчетов и экспериментов по осадке кольцевых образцов в горячем состоянии.

Ключевые слова: горячая объемная штамповка, трение, коэффициент (показатель) трения, метод осадки кольца.

Трение является одним из важных факторов в технологических процессах деформирования металлов и сплавов и численное значение трения, выраженное в виде коэффициента (показателя) или фактора трения, дает представление о том, как течет металл, какие при этом усилия и какая геометрическая точность поковок при этом получается.

Под коэффициентом трения в обработке металлов давлением чаще всего понимают отношение касательного напряжения на поверхности контакта заготовки со штампом к пределу текучести (или интенсивности напряжений) деформируемого металла. В таком понимании этот показатель, как правило, фигурирует в формулах для определения усилия штамповки, оптимального угла матрицы при выдавливании др.

Известны разнообразные методы определения коэффициента трения при обработке давлением, из которых наиболее простым и надежным является метод осадки кольцевых образцов. Теоретические основы этого метода разработаны А. Мэйлом, М. Кокрофтом, М. Бургдорфом и др. Изменение формы кольцеобразного образца при сжатии зависит от деформации в осевом направлении и коэффициента трения. При значительном напряжении трения, действующего на контактной поверхности, в очаге деформации можно выделить две зоны, разделенные цилиндрической поверхностью, имеющей радиус r_0. Металл, находящийся на расстоянии ρ от оси образца, при $r_0 < \rho < R$ течет в радиальном направлении от оси образца (R – радиус наружной поверхности кольца); при $r < \rho < r_0$ – к оси образца (r – радиус внутренней поверхности кольца). Положение границы раздела течения, а следовательно, и текущие значения R и особенно r, существенно зависят от коэффициента трения. При уменьшении коэффициента трения величина r_0 уменьшается и может выходить за пределы образца. Для нахождения коэффициента трения по результатам испытаний необходимо расчетным путем построить зависимость какого-либо из размеров осаживаемого образца (чаще всего внутреннего диаметра) от усредненной деформации в осевом направлении и от коэффициента трения.

А. Т. Мэйл и др. решили эту задачу методом работ, определив положение границы раздела течения r_0 из условия минимума полной мощности или (работы) деформации; при этом