

Демонстрационный вариант

задания заключительного (очного) этапа
по направлению «Материаловедение и технологии материалов»

Категория участия: «Бакалавриат»
(для поступающих в магистратуру)

Задание 1. Выбрать марку стали для изготовления молотового штампа с размерами 300х300х250 мм (рис.1) и обосновать принятое решение. Рекомендовать режим термической обработки и привести данные по структуре и механическим свойствам после окончательной термической обработки. Объяснить, почему подобные штампы не следует изготавливать из углеродистой стали. Какие изменения необходимо внести в выбор материала для изготовления молотового штампа, если требуется изготовить штамп вдвое больших размеров по всем трём параметрам, чем в первом случае?

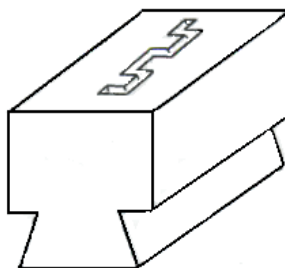


Рис. 1. «Кубик» (молотовый штамп)

Задание 2. При изготовлении подшипников скольжения буровых коронок (рис. 2) для бурения нефтяных скважин были использованы текстолитовые вкладыши, однако, вследствие нагревания в работе свыше 100°C их эксплуатация переходит в режим сухого трения, что приводит к значительному возрастанию коэффициента трения и усилий бурения. Предложить неметаллический материал вкладышей подшипников скольжения буровых коронок с низким коэффициентом трения в условиях эксплуатации в режиме сухого трения и обосновать предложенный вариант.



Рис. 2. Внешний вид отработавшего узла трения буровой коронки для бурения нефтяных скважин с подшипником скольжения

Решение задания 1

Анализ ситуации

Поскольку молотовые штампы работают в условиях интенсивных ударных нагрузок и периодическом контакте с нагретыми до высоких температур заготовками, многократных теплосмен, их следует изготавливать из теплостойких инструментальных сталей с повышенной ударной вязкостью и сопротивлением термической усталости (разгаростойкости).

Выбор материала и технологии

1) Прокаливаемость и теплостойкость штамповых сталей для молотовых штампов горячего деформирования средних размеров обеспечивается комплексным легированием хромом, никелем и молибденом. Изготовление молотовых штампов из углеродистой стали неприемлемо вследствие низкой прокаливаемости и теплостойкости таких сталей. Стали умеренной теплостойкости и повышенной вязкости должны содержать относительно небольшие количества карбидообразующих элементов (Cr, Mo) и легированы повышенным количеством никеля для увеличения прокаливаемости и обеспечения повышенной ударной вязкости. По содержанию углерода эти стали относят к доэвтектоидным типа 5ХНМ, 5ХНВ. По соображениям более глубокой прокаливаемости предпочтительней выбор стали 5ХНМ.

Послековки кубики отжигают по изотермическому режиму: аустенитизация при 850–880 °С, охлаждение до 600–650 °С, выдержка до окончания распада аустенита. После отжига твердость должна соответствовать 3,9–4,3 мм отпечатка Бринелля.

Закалка и отпуск штампа – весьма ответственные и сложные операции, с защитой поверхности штампа от обезуглероживания, особенно если принять во внимание большой размер изделия. Нагрев для закалки проводят на 20...40 °С выше точки $A_{с3}$. Для стали 5ХНМ – это закалка с температур 850–880 °С, охлаждение в масле и высоким отпуском при 500–550 °С, 2 часа, охлаждение на воздухе. Кубики следует загружать в закалочную печь, нагретую до температуры выше 650 °С. После выдержки в течение 1–2 ч температура в печи после нескольких часов поднимается до заданной, затем вновь следует выдержка продолжительностью несколько часов (для кубиков высотой менее 400 мм возможна посадка их прямо в печь, разогретую до температуры закалки).

2) Для крупногабаритных тяжело нагруженных молотовых штампов горячего деформирования применяют более легированную хромом и молибденом сталь с ванадием 5Х2МНФ. Закалка штампов из стали 5Х2МНФ, содержащей кроме цементита M_3C , карбида M_6C и MC , производится с температур нагрева 950–1000 °С, охлаждение в масле или на воздухе, отпуск при 530 – 620 °С, охлаждение на воздухе.

Характеристика структуры

Структура штампов после термообработки представляет собой троостито-сорбит отпуска.

Уровень свойств

Твёрдость штампов 38–43 HRC и ударной вязкостью 45–55 Дж/см². Стойкость штампов из стали 5Х2МНФ примерно в 1,5–2 раза выше, чем из стали 5ХНМ.

Решение задания 2

Причина брака

Текстолитовые вкладыши подшипников скольжения применяются в тяжёлых узлах трения, однако их рабочая температура невысока (80–90 °С) и коэффициент трения возрастает выше 0,23 при повышении рабочей температуры выше 100 °С.

Рекомендации по устранению

В промышленности, в т.ч. для узлов трения буровых коронок, используют второпласт-4 (тефлон) — антифрикционный материал с коэффициентом трения скольжения, наименьшим из известных доступных конструкционных материалов, способный работать при достаточно высоких нагрузках, скоростях вращения и температурах. Из-за мягкости и текучести цельные [подшипники](#) скольжения из фторопласта используют редко. В высоконагруженных узлах применяют металлофторопластовые подшипники-вкладыши и металлофторопластовые опорные ленты. Такие подшипники скольжения выдерживают десятки килограммов на квадратный миллиметр и состоят из металлической основы, на которую нанесено фторопластовое покрытие. Также используется как [антифрикционный](#) присадочный материал (твёрдый смазочный материал) улучшающий свойства скольжения базовых полимеров, например полиэфирэфиркетона (ПЕЕК) или [полифениленсульфида](#) (PPS) и получить вкладыши подшипников скольжения, обладающие высокой прочностью, износостойкостью, стойкостью к ползучести и хорошими антифрикционными свойствами (коэффициент трения по стали 0,04).