



Критерии выбора металла для высокопрочных крепежных изделий

Лавриненко Ю. А., к. т. н., ФГУП «НАМИ», г. Москва

Основными показателями механических свойств для болтов, винтов и шпилек по ГОСТ Р 52627 – 2006 (ИСО 898-1:1999), влияющими на выбор стали, являются требования по пределу прочности, твердости, относительному удлинению и сужению при разрыве, прочности соединения головки со стержнем, а для гаек по ГОСТ Р 52628 – 2006 (ИСО 898-2:1992, ИСО 898-6:1994) – требования к прочности при испытаниях на разрыв и твердость.

Согласно этим стандартам в сталях для гаек регламентируется содержание углерода, фосфора, серы, марганца, а для болтов, винтов, шпилек – содержание углерода, фосфора, серы, а теперь и бора для всех классов прочности.

В отличие от отмененных стандартов ГОСТ 1759.4 и ГОСТ 1759.5 новые стандарты ГОСТ Р 52627 – 2006 (ИСО 898-1:1999) и ГОСТ Р 52628 – 2006 (ИСО 898-2:1992, ИСО 898-6:1994) не содержат так называемых «рекомендуемых технологических процессов изготовления крепежных изделий из нелегированных и легированных сталей и марки сталей» как противоречащих ИСО 898-1, а также препятствующих применению прогрессивных марок сталей и их унификации.

Для изготовления крепежных изделий подходит широкий диапазон разнообразных марок сталей, удовлетворяющих требованиям по химическому составу.

Конкретные марки и химический состав сталей нужно назначать по соответствующим стандартам ИСО, ГОСТ, ТУ, выдерживая требования основополагающих стандартов.

Как правило, желаемые прочностные характеристики достигаются уже после деформирования за счет термической обработки – улучшения.

Важные значения имеют характеристики прокаливаемости углеродистых, борсодержащих и легированных сталей для холодной высадки крепежных изделий, которые позволяют оценить возможности их применения для достижения твердости для того или иного класса прочности в зависимости от диаметра изделия.

Одним из требований нового стандарта ГОСТ Р 52628-2006, вступившего в действие с 1.01.2008 года, является применение деформационного упрочнения для обеспечения классов прочности 04, 4 от М16 до М48 типа 1 с крупным шагом, класса прочности 5 типа 1, класса прочности 6 типа 1, класса прочности 8 до М16 типа 1 с крупным шагом, класса прочности 8 от М16 до М48 типа 2 с крупным шагом, класса прочности 9 типа 2 с крупным шагом.

При разработке этих требований была параллельно введена градация гаек на типы 1 и 2 увеличенной высоты, причем дифференцированно для крупного и мелкого шагов резьбы.

Размеры гаек были определены на основе критерия прочности соединения.

Существуют два типа гаек. Гайки типа 2 примерно на 10% выше, чем гайки типа 1. Высота гаек типа 1 используется для классов прочности 4, 5, 6, 8, 10 и 12 (до М16) с соответствующими механическими свойствами, в то время как размеры гаек типа 2 предназначены для использования с классами прочности 8, 9 и 12 также с соответствующими механическими свойствами.

При переходе на гайки с увеличенной высотой и уменьшенным размером под ключ по ИСО 4032 вместо ФИАТ-ВАЗ экономия чистого веса составит для гаек М10 – 1,38 кг на 1000 штук, а для гаек М12 – 1,63 кг на 1000 штук.

Во многих фирмах, в том числе на АвтоВАЗе, во ЦНИИЧермете, на БелЗАНе, проводились НИР по разработке новых материалов и способов достижения механических свойств высокопрочных крепежных изделий за счет деформационного упрочнения, позволяющие исключить заключительную термическую обработку. Был разработан ряд микрولةгированных борсодержащих сталей, стали ДФМС [1, 2, 6].

Была накоплена база данных диаграмм деформирования в холодном состоянии, с помощью которых оценивают упрочнение сталей, необходимое для достижения класса прочности изделий, а также для расчета нагрузок на инструмент [3].

За основные критерии оценки величины деформируемости принимаются показатели пластичности, вида разрушения и сопротивления деформированию, определяемые по результатам механических испытаний (растяжение, сжатие, кручение или срез). При ХОШ величина деформируемости определяется тем, что обработка ведется в условиях холодной или неполной холодной (за счет теплового эффекта) деформации, что неразрывно связано с упрочнением, благодаря которому физические и механические свойства и структура в процессе штамповки непрерывно изменяются, что сильно усложняет кинематику заполнения металлом полости штампа.

Анализ данных позволяет рекомендовать следующие показатели штампуемости стали применительно к высадке крепежных деталей на автоматах [4]:

НВ от 170 до 260 (по некоторым данным нижний предел устанавливается равным 150);

$\sigma_s/\sigma_B = 0,5 - 0,65$ (не более);
 $\psi > 0,60$ – сталь весьма пластична;

$0,5 < \psi < 0,60$ – сталь достаточно пластична;

$\psi < 0,50$ – сталь не пригодна к высадке,

где ψ – относительное сужение, а σ_s – напряжение течения (истинное напряжение).

Отношение σ_s/σ_B в значительной мере зависит от химического состава, режимов термообработки и калибровки. Величина суммарной деформации (калибровка + все переходы) при штамповке на автоматах достигает 85%.

Выбор марки стали определяется сочетанием требований чертежа на деталь, условиями эксплуатации, требованиями ГОСТ Р 52627 и ГОСТ Р 52628, а также показателями штампуемости.

Конструктивно-технологические особенности изделия влияют на выбор марки стали и способ ее подготовки к высадке. Соотношения между пределами прочности сталей в исходном и термоулучшенном состояниях (см. рис. 1) показывают диапазон их наиболее рационального применения, с одной стороны, для обеспечения технологической деформируемости и стойкости инструмента, а с другой – для обеспечения требуемого класса прочности.

Опыт ряда отечественных заводов позволил сформулировать общие рекомендации по применению унифицированного ряда



Рис. 1

борсодержащих сталей 12Г1Р, 20Г2Р, 30Г1Р, 35Г1Р для высокопрочных изделий классов прочности 8.8, 9.8, 10.9, 12.9 диаметром до 24 мм [5]. Для больших диаметров на заводах СНГ применяются хромлегированные стали 40Х, 38ХГНМ и др. Резервом по уменьшению затрат является применение для больших диаметров борсодержащих сталей, легированных хромом до 1% [1, 7]. Об этом свидетельствует опыт холдинга NEDSCHROEF, применяющего указанные марки сталей по EN 10263 (см. табл. 1).

Для достижения классов прочности 8, 9, 10, 12 на гайках подходят термоупрочняемые стали 12Г1Р, 20Г2Р, 30Г1Р, а также при применении метода деформационного упрочнения – стали 10, 15.

По данным технического центра NEDSCHROEF рекомендуемые стали по EN 10263 для высокопрочных термоупрочняемых гаек, применяемые в автомобильной промышленности Западной Европы, являются борсодержащими (см. табл. 2).

Таблица 1. Марки сталей EN 10263 для болтов, винтов и шпилек

Класс прочности	Диапазон диаметров, мм	Марка стали	Заключительная обработка
8.8	M6–M20	23B2	Термоулучшение
	M22–M24	37CrB1E	Термоулучшение
	≤ 27	34Cr4	Термоулучшение
	≤ 30	37Cr4	Термоулучшение
	≤ 39	34CrMo4	Термоулучшение
10.9	M6–M16	33B2	Термоулучшение
10.9	M18–M24	37CrB1E	Термоулучшение
	≤ 30	34CrMo4	Термоулучшение
	≤ 39	42CrMo4	Термоулучшение
12.9	M6–M16	33B2	Термоулучшение
	M18–M24	37CrB1E	Термоулучшение
	≤ 30	42CrMo4	Термоулучшение
	≤ 39	34CrNiMo6	Термоулучшение

Таблица 2. Марки сталей EN 10263 для гаек

Класс прочности	Диапазон диаметров, мм	Марка стали	Заключительная обработка
8	≤ M16 тип 1 с крупным шагом	C15C	Упрочнение при деформации
	≤ M16 тип 1 с мелким шагом	23B2	Термоулучшение
	≤ M39 тип 2 с мелким шагом	23B2	Термоулучшение
	M18–M39 тип 1 с крупным шагом	23B2	Термоулучшение
	M18–M39 тип 2 с крупным шагом	C15C	Упрочнение при деформации
9	≤ M39 тип 2 с крупным шагом	C15C	Упрочнение при деформации
10	≤ M39 тип 1 с крупным шагом	23B2	Термоулучшение
	≤ M16 тип 1 с мелким шагом	23B2	Термоулучшение
	≤ M39 тип 2 с мелким шагом	23B2	Термоулучшение
12	≤ M16 тип 1 с крупным шагом	33B2	Термоулучшение
	≤ M39 тип 2 с крупным шагом	33B2	Термоулучшение
	≤ M16 тип 2 с мелким шагом	33B2	Термоулучшение

Стандартные стали для крепежных деталей согласно ISO 898 (например, термоулучшенные болты класса прочности 8.8, 10.9 и 12.9) могут быть использованы только при температурах ниже 300 °С. При больших температурах в западноевропейских автомобилях применяются теплоустойчивые стали 1.7709, 1.4923, 1.4980, 2.4952.

Рынок крепежных изделий из теплостойких сталей в Европе достигает 6000 т в год. Количество крепежных деталей из теплостойких сталей в двигателях западноевропейских автомобилей может составлять 22 штуки.

В техническом центре NEDSCHROEF совместно со специалистами BMW разработан новый алюминиевый сплав, а также конструкция болтов и винтов, которые применяются для соединения деталей из алюминиевых и магниевых сплавов в приборах, коробках передач, двигателях.

Сплав Aluminium 6056 имеет предел прочности в 380 н/мм², относительное удлинение 8% min, 150 °С max.

Объем европейского рынка алюминиевого крепежа растет и в 2010 году составит более 1000 т в год.

В техническом центре холдинга NEDSCHROEF ведется разработка нового алюминиевого сплава, обеспечивающего 800 Мпа при температуре до 200 °С.

Преимуществами алюминиевых болтов являются:

- температурное расширение, одинаковое с магнием. Качество соединения остается постоянным;
- высокая коррозионная стойкость благодаря небольшим различиям в электрохимическом потенциале;
- малый вес, уменьшенная глубина резьбового отверстия, короткое время цикла при нарезке резьбы. Например, вес нового 6-цилиндрового двигателя BMW NG6 составляет всего 161 кг.

Это самый легкий двигатель в мире в своем классе. В него входят 185 алюминиевых крепежных элементов (M6, M7, M8, M9, M10 и M12).

Заключение

Основными критериями, определяющими выбор металла, являются:

- требования к механическим свойствам крепежных изделий соответствующих классов прочности по ГОСТ Р 52627 и ГОСТ Р 52628;
- требования к химическому составу сталей для изделий соответствующих классов прочности по ГОСТ Р 52627 и ГОСТ Р 52628;
- возможность достижения требуемых механических и пластических свойств изделий при термоулучшении и деформационном упрочнении. Штамповность материала, пригодность его к холодной высадке с учетом размеров, конфигурации изделия, сложности его формы;
- цена исходного подката, себестоимость подготовки проволоки.

Литература

1. Ferdinand Kersten, Jef Sluyts, NEDSCHROEF-HERENTALS. Fasteners applications in the automobile industrie / Seminar, BELZAN. – 1998.
2. Тихонов А. К., Лавриненко Ю. А., Палагин Ю. М., Урусов Ю. А. Низколегированные борсодержащие стали для высокопрочного крепежа / Сб. докладов Международной конференции «Надежность и качество в промышленности, энергетике и на транспорте». – Самара, 1999, с.155–158.
3. Бобылев М. В., Лавриненко Ю. А., Закиров Д. М. Оптимизация режимов отжига сталей для холодной высадки крепежных изделий / «Кузнечно-штамповочное производство», 1999, № 5, 32–36 с.
4. Амиров М. Г., Лавриненко Ю. А., Основы технологии автоматизированного холодновысадочного производства. – Уфа, УАИ, 1992. – 142 с.
5. Бобылев М. В., Лавриненко Ю. А., Сардаев Н. И., Кочергин А. С. Управление качеством борсодержащих сталей для деталей автомобиля.
6. Закиров Д. М., Лавриненко Ю. А., Бобылев М. В. Получение высокопрочных крепежных изделий из низкоуглеродистой стали, предварительно закаленной из межкритического интервала / Сб. тезисов докладов «Материалы в автомобилестроении». – Тольятти, 1998, 45–46 с.
7. Prof. Dr.-Ing. K. H. Illgner, Dipl.-Ing. J. Esser, «SCHRAUBEN VADEMECUM», 9. Vollständig neu ueberarbeitete und erweiterte Auflage 2001.

