

В.Е. Олишевская, Г.С. Олишевский, А.А. Савченко

## ОСНОВНЫЕ МАРКИ КОНСТРУКЦИОННЫХ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЕЙ

V.Ye. Olishkevskaya, G.S. Olishevskiy, A.A. Savchenko

### BASIC GRADES OF STRUCTURAL CARBON STEELS USED FOR CAR PRODUCTION AND REPAIR

Проведен анализ основных марок конструкционных углеродистых сталей, который позволяет корректно формулировать требования, предъявляемые к сталям определенных групп автомобильных деталей, и выполнять выбор материалов для изготовления или ремонта деталей автомобилей с учетом свойств сталей, назначения и условий работы автомобильных деталей.

**Ключевые слова:** сталь, классификация сталей, прочность, пластичность, обрабатываемость резанием, термическая обработка, автомобильные детали

**Актуальность темы.** Сегодня в промышленно развитых странах материаловедение и технологии конструкционных материалов, наряду с космическими, генными и микропроцессорными технологиями, являются наиболее актуальными и перспективными направлениями развития науки и техники [1]. Актуальность и важность проблемы выбора и использования конструкционных материалов в автомобилестроении обусловлены влиянием применяемых материалов на массу автомобиля, прочность, надежность, коррозионную стойкость, расход горюче-смазочных материалов и количество вредных выбросов в атмосферу.

При производстве и ремонте автомобилей используют различные материалы, однако наиболее широкое применение нашли стали, что объясняется следующими факторами:

– большим распространением железа в земной коре (4,2%);

– способностью железа изменять свои свойства в результате легирования, термической, химико-термической и термомеханической обработок;

– принадлежностью сталей к „зеленым“ материалам – материалам, не загрязняющим окружающую среду, а полностью перерабатываемым в новые качественные детали машин [1, 2].

Стали не имеют себе равных среди других сплавов по основным технико-экономическим показателям:

– механическим (прочность, твердость, ударная вязкость, пластичность и др.);

– технологическим (обрабатываемость резанием, свариваемость, штампуемость, жидкотекучесть, трещиностойкость и др.);

– эксплуатационным (износостойкость, надежность, долговечность, жаропрочность и др.);

– экономическим (себестоимость производства).

Перечисленные выше преимущества сталей привели к тому, что в настоящее время на изготовление автомобилей в промышленно развитых странах расходуется до 15 % всей производимой стали.

Однако стали имеют и свои недостатки. Серьезным недостатком сталей является их склонность к коррозии, о масштабах которой позволяет судить тот факт, что примерно 20 % получаемой в мире стали идет на покрытие потерь от коррозии. Кроме того, транспортные средства из-за коррозии требуют ремонта, а ремонтные работы плохо поддаются механизации и автоматизации, и требуют рабочей силы высокой квалификации. Сегодня в мире примерно десятая часть рабочей силы занята ремонтными работами. Вторым существенным недостатком железа является его высокая плотность, вследствие чего транспортные средства оказываются слишком массивными. Например, доля полезного груза в автотранспорте составляет всего 10–20 %.

Сортамент сталей, применяемых при производстве и ремонте автомобилей, широк и включает более 250 марок, химический состав которых, физические, механические, технологические и эксплуатационные свойства приведены в марочнике сталей и сплавов [3], ГОСТах и других стандартах на отдельные виды металлургической продукции.

**Цель статьи.** Анализ основных марок углеродистых конструкционных сталей, применяемых в автомобилестроении, классификация сталей применительно к основным автомобильным деталям.

Углеродистыми называют стали, в которых кроме железа и фосфора содержатся в небольших количествах постоянные примеси (кремний, марганец, сера, фосфор) [2, 4].

Известные классификации углеродистых сталей разделяют их по химическому составу, степени раскисления, структуре, прочности, назначению и качеству [2–5]:

– по химическому составу углеродистые стали классифицируют по содержанию углерода на низко- (до 0,25 % С), средне- (0,3–0,5 % С) и высокоуглеродистые (0,6–0,85 % С);

– по степени раскисления и характеру затвердевания стали классифицируют на спокойные, полуспокойные и кипящие;

– по структуре в отожженном (равновесном) состоянии разделяют на доэвтектоидные (содержащие до 0,8 % углерода и имеющие в структуре перлит и избыточный феррит) и эвтектоидные (содержащие 0,8 % углерода и имеющие перлитную структуру);

– по прочности, оцениваемой временным сопротивлением, стали можно разделить на стали нормальной (средней) ( $\sigma_B$  до 1000 МПа) и повышенной ( $\sigma_B$  до 1500 МПа) прочности;

– по назначению углеродистые стали классифицируют на конструкционные и инструментальные;

– по качеству углеродистые конструкционные стали классифицируют на стали обыкновенного качества (содержание  $S \leq 0,060$  % и  $P \leq 0,070$  %) и качественные (содержание  $S \leq 0,035$  % и  $P \leq 0,035$  %).

Применительно к основным автомобильным деталям углеродистые конструкционные стали условно можно разделить на три основные группы [2, 4, 5]:

– углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества;

– углеродистые конструкционные качественные стали;

– углеродистые конструкционные стали с улучшенной обрабатываемостью резанием.

Первую группу составляют углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества общего назначения (ДСТУ 2651:2005/ГОСТ 380-2005), которые выпускают в виде проката (балки, прутки, листы, уголки, трубы и т.п.) и поковок.

В зависимости от гарантируемых свойств заводы-изготовители поставляют три группы сталей:

– стали группы А – с гарантированными механическими свойствами;

– стали группы Б – с гарантированным химическим составом;

– стали группы В – с гарантированными механическими свойствами и химическим составом.

Углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества маркируют сочетанием букв Ст, обозначающих слово „сталь“ и цифрой от 0 до 6, показывающей условный номер марки и не показывающей содержание углерода (чем больше число, тем больше содержание углерода, выше предел прочности  $\sigma_B$  и предел текучести  $\sigma_{0,2}$  и ниже пластичность  $\delta$ ,  $\psi$ ).

Углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества марок Ст 2, Ст 3, Ст 4, Ст 5, Ст 6 применяются для изготовления гибкой, штамповкой или сваркой автомобильных мало- и средненагруженных деталей и конструкций общего назначения: гаек, болтов, заклепок, осей, тяг, соединительных деталей кузова, сварных конструкций.

Ограничивают применение углеродистых конструкционных сталей обыкновенного качества в автомобилестроении следующие факторы:

– содержание углерода до 0,49 %;

– повышенное содержание вредных примесей – серы и фосфора (0,04–0,07 %);

– значительное количество неметаллических включений.

Вторую группу составляют углеродистые конструкционные качественные стали (ГОСТ 1050-88), которые характеризуются более низким, чем у углеродистых конструкционных сталей обыкновенного качества содержанием вредных примесей (серы и фосфора) и неметаллических включений. Стали поставляются в виде проката, поковок и других полуфабрикатов с гарантированным химическим составом и механическими свойствами.

Углеродистые конструкционные качественные стали маркируются двухзначными числами 05, 08, 10, 15, 20, ..., 85, обозначающими среднее содержание углерода в сотых долях процента. Например, сталь 05 содержит в среднем 0,05 % С, сталь 45 – 0,45 % С. Кипящие и полуспокойные стали маркируют индексами кп и пс, соответственно, спокойные стали маркируют без индекса. Кипящими производят стали 05кп, 08кп, 10кп, 15кп, 20кп, полуспокойными – 08пс, 10пс, 15пс, 20пс.

Сопоставление отечественных марок углеродистых конструкционных сталей и их зарубежных аналогов приведено в табл. 1, технологические свойства сталей – в табл. 2.

Углеродистые конструкционные качественные стали находят широкое применение в автомобильной технике благодаря способности приобретать разнообразные механические и технологические свойства в зависимости от содержания углерода и термической обработки.

Группу углеродистых конструкционных качественных сталей можно разбить на 3 подгруппы: низко-, средне- и высокоуглеродистые стали.

Низкоуглеродистые стали разделяют по назначению на высокопластичные (стали марок 08 и 10) и цементуемые (стали 15, 20, 25).

Низкоуглеродистые высокопластичные стали марок 08 и 10 с содержанием углерода соответственно 0,08 и 0,10 % малопрочные, хорошо деформируются в холодном состоянии (особенно методом холодной вытяжки), не склонны к отпускной хрупкости, обладают хорошей свариваемостью и обрабатываемостью резанием. Эти марки сталей применяют для изготовления статически умеренно нагруженных кузовных облицовочных деталей, панелей крыши и дверей [4, 5]. Без термической обработки в горячекатанном состоянии их используют для шайб, прокладок и других деталей, изготавливаемых холодной деформацией и сваркой.

Область применения низкоуглеродистых высокопластичных сталей на автотранспорте:

08кп – основания сидений, рамки радиатора, корпус и детали фильтров, шкивы, крышки, колпачки ступиц, стойки, усилители, рычаги подвесок, стопоры для подшипников, крестовин, обода тормозных колодок, детали диска сцепления, обоймы, зажимы, петли дверей, капота, гайки, шайбы, вилки для коробок передач, патрубки, тройники, переходники, заглушки масляной и охлаждающей систем, спецпрофили (сухарь клапана);

08, 08пс – балки заднього моста, кронштейны опори підвального підшипника карданного вала, ободья колес, корпусу дверних замків, шайби, зажимы, гнутые профіли, спецпрофіли;

10кп – балки заднього моста, кронштейны, фиксаторы, стопорные шайбы, крестовины кардана, подушки рессор, тяги, храповики и болты крепления шкива, указатели уровня масла;

10, 10пс – деталі рулевого механізму, толкатели поршня главного цилиндра тормоза и сцепления гидропривода, реактивные штанги, стержни, оси, пальцы, спецпрофіли сухарей клапана.

Таблица 1

Соответствие отечественных и зарубежных марок конструкционных качественных сталей

Отечественная маркировка сталей, ГОСТ 1050-88	Зарубежная маркировка сталей		
	Страна, норматив		
	США, ASTM	Германия, DIN	Япония, JIS
Низкоуглеродистые высокопластичные стали			
08кп	1008	DC 04 G 1 // USt 4	SPHE
08	1008	St 12	SWR 1
10кп	1010	DD 12 G 1	SPHE
10	M 1012	C 10	S 10 C
Низкоуглеродистые цементуемые стали			
15кп	1015	DD 11	SPH 2 A
15	M 1015	C 15	S 15 C
20кп	1020	-	-
20	C 1020	C 22	STKM 12 A-S
25	M 1025	C 25	S 25 C
Среднеуглеродистые (улучшаемые) стали			
30	1030	C 30	S 30 C
35	1035	C 35	S 35 C
40	1040	C 40 E	S 40 C
45	M 1044	C 45	S 45 C
50	1050	C 50 E	S 50 C
55	1055	C 55	S 55 C
Высокоуглеродистые стали			
60	1059	C 60	S 60 C-CSP
75	1074	C 75	-
85	1086	C 86 D	SUP 3

Низкоуглеродистые цементуемые стали марок 15, 20, 25 предназначены для изготовления деталей небольшого размера, от которых требуется твердая, износостойкая поверхность и вязкая сердцевина. Поверхностный слой после цементации упрочняют закалкой в воде в сочетании с низким отпуском. Сердцевина из-за низкой прокаливаемости упрочняется слабо. Эти стали применяют также горячекатанными и после нормализации. Сталь пластична, хорошо штампуются и свариваются, не чувствительны к перегреву и отпускной хрупкости. Для изготовления автомобильных деталей из цементуемых сталей используют технологии штамповки, высадки и протяжки.

Изготавливаемые из цементуемых сталей автомобильные детали имеют невысокую прочность и подвергаются небольшим динамическим нагрузкам [2–6]:

15кп, 15, 15пс – кожух сцепления, рамы, карданные валы, диски колеса, толкатель клапана;

20кп – поперечины, распорки, усилители, рычаги, кронштейны, опоры, колодки, защелки, стопоры, скобы, вкладыши, шплинты, петли, оси петли двери;

20 – вал рулевого управления, карданные валы, коромысло клапана, педали сцепления, ручки привода двери, крестовины кардана, сухари клапанов, оси, кронштейны, рулевые тяги, шкивы, шестерни спидометра, ограничители, толкатели, шпильки, болты, заклепки, винты, патрубки, втулки;

25кп, 25, 25пс – подрамники, поперечины.

Среднеуглеродистые (улучшаемые) стали марок 30, 35, 40, 45, 50, 55 отличаются большей прочностью, но меньшей пластичностью, чем низкоуглеродистые. Их применяют после улучшения, нормализации и поверхностной закалки. В улучшенном состоянии – после закалки и высокого отпуска на структуру сорбита – достигаются высокая вязкость, пластичность и малая чувствительность к концентраторам напряжений. Сталь используют для изготовления методом горячей штамповки различных деталей широкого применения: валов, зубчатых колес, полуосей и т. д. Для них используют все виды термической обработки, значительно повышающей прочностные и эксплуатационные свойства деталей.

Из среднеуглеродистых сталей изготавливают следующие автомобильные детали:

30кп – щеки вилки включения сцепления;

30 – вал червяка рулевого механизма, ось переключения передач в крышке управления коробки передач, пальцы тяги рулевого управления, стержни замков двери, багажника, дверные ручки, подрамники, кронштейны крепления суппорта переднего тормоза, ось валика выключения сцепления, рычаги подвески;

35кп – педали тормоза, рычаги тормозов включения сцепления;

35 – шестерни коленчатого вала, масляного насоса, вал рулевого управления, продольные и поперечные тяги, шток амортизатора, рычаг управления коробкой передач, ось рычага подвески, ступицы ведомого диска сцепления, сошка рулевого управления, гайки шатунных болтов.

Таблиця 2

Технологические свойства  
углеродистых конструкционных сталей

Марка стали	Свариваемость	Обрабатываемость резанием			
		НВ	Ко	Ко'	
Ст2сп, Ст2пс, Ст2кп	Свариваются без ограничений РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС, КТС. Для толщин более 36 мм рекомендуется подогрев и последующая термообработка	137	2,00	1,60	
Ст3сп, Ст3пс		124	1,80	1,60	
Ст5сп, Ст5пс, Ст6сп, Ст6пс	Ограниченно свариваются РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка	158	1,20	1,20	
В горячекатанном состоянии					
08	Свариваются без ограничений (кроме химико-термически обработанных деталей) РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, КТС	131	2,10	1,65	
10, 10кп		99–107	2,10	1,60	
15		143	1,80	-	
20		126–131	1,70	1,60	
25		Ограниченно свариваются РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка. КТС – без ограничений	143	-	1,70
30			144–156	-	1,30
35	Трудносвариваемые РДС и КТС. Необходимы подогрев и последующая термическая обработка	170	1,20	1,20	
40		170	1,20	1,20	
45	Трудносвариваемые РДС и КТС. Необходимы подогрев и последующая термическая обработка	170–179	1,00	1,00	
50		196–202	1,00	0,70	
В нормализованном состоянии					
55	Не применяются для сварных конструкций. КТС с последующей термообработкой	212–225	1,00	0,65	
60		241	0,70	0,65	
В закаленном и отпущенном состоянии					
65Г	Не применяется для сварных конструкций. КТС без ограничений	240	0,85	0,80	

## Примечания:

РДС – ручная дуговая сварка; АДС – автоматическая дуговая сварка; КТС – контактная точечная сварка; ЭШС – электрошлаковая сварка; НВ – твердость по Бринеллю; Ко и Ко' – коэффициенты обрабатываемости сталей при использовании инструмента из твердых сплавов и быстрорежущей стали, соответственно.

Для изготовления более крупных деталей, работающих при невысоких циклических и контактных нагрузках, используют стали марок:

40 – шестерни коленчатого вала, венец маховика, шатуны и крышки шатуна, полуоси заднего моста, оси рычага управления коробки передач, распределительные валы, валики переключения заднего хода, рулевые сошки, рычаги подвески, шпильки крепления коллектора, бензинового насоса, головки блока, стартера, выпускной трубы, буксирные крюки;

45 – валы распределительные, водяного насоса, шестерни коленчатого вала, венцы маховика, балки передней оси неведущего моста, пальцы поршневые, рессорные пальцы, втулки упорные подшипника, ось шестерни заднего хода, рычаги сцепления, спецпрофили, толкатель клапана;

50 – шкворни поворотных цапф, ступицы ведомого диска сцепления, буксирные крюки грузовых автомобилей.

Распределительные валы, изготовленные из стали 40 и 45, подвергаются поверхностной закалке.

Высокоуглеродистые стали – это стали марок 60, 65, 70, 75, 80, 85 с высокой концентрацией углерода, а также стали с повышенным содержанием марганца – 60Г, 65Г и 70Г. Стали обладают высокой прочностью, износостойкостью, высокими упругими свойствами. Высокоуглеродистые стали применяют преимущественно для изготовления пружин и рессорных листов, поэтому их называют рессорно-пружинными сталями. Применяют стали после закалки и среднего отпуска, нормализации и отпуска и поверхностной закалки. Стали чувствительны к росту зерна при нагреве, имеют низкие свариваемость и пластичность в холодном состоянии.

Высокоуглеродистые стали применяют для изготовления деталей, работающих в условиях трения при наличии высоких статических, динамических и вибрационных нагрузок: крестовин карданных шарниров, дисков сцепления, гибких валов:

60 – трос спидометра;

65Г – упорные шайбы шестерни;

70 – регулировочные кольца ведущих шестерен, пружины балансировочного грузика, цепи, пружинные и упорные шайбы;

70Г – рессоры, прижимы буксирного узла, тяги жалюзи радиатора;

80 – мембраны сигналов;

85 – ведомые диски сцепления, буксирные крюки.

Углеродистые рессорно-пружинные стали характеризуются невысокой релаксационной стойкостью, особенно при нагреве, поэтому они не пригодны для работы при температуре выше 100 °С. Из-за низкой прокаливаемости из них изготавливают пружины небольшого сечения.

Третью группу сталей составляют стали с улучшенной обрабатываемостью резанием. Обработка резанием является основным способом изготовления большинства деталей машин [2]. Обрабатываемость резанием приобретает большое значение для массового производства с применением автоматических линий. Повысить обрабатываемость стали можно введением в низкоуглеродистую конструкционную сталь серы и фосфора. Для достижения повышенной

обрабатываемости сталь содержит 0,08–0,30 % серы и 0,05–0,15 % фосфора и поставляется в холоднотянутом состоянии в виде прутков.

Стали с улучшенной обрабатываемостью резанием относятся к автоматным сернистым и в соответствии с ГОСТом 1414-75 маркируются буквой А (автоматная) и цифрой, показывающей среднее содержание углерода в сотых долях процента: А11, А12, А20, А30, А35, А40Г [2–4]. Зарубежные аналоги марок автоматных сталей приведены в табл. 3.

Таблица 3

Соответствие отечественных и зарубежных марок автоматных сернистых сталей

Отечественная маркировка сталей, ГОСТ 1414-75	Зарубежная маркировка сталей		
	Страна, норматив		
	США, ASTM	Германия, DIN	Япония, JIS
А 12	1212; В 1112	10 S 20 15 S 20	-
А 30	1126	35 S 20	SUM 4
А 40 Г	С 1144	-	SUM 42

Сталь автоматная применяется главным образом для изготовления крепежных автомобильных деталей (болтов, гаек, шпилек) на автоматных станках.

Стали А11, А12, А20 используют для крепежных деталей, а также малонагруженных деталей сложной формы, к которым предъявляются требования высокой точности размеров и чистоты поверхности [2–6]:

А11 – болты, гайки, вилки включения сцепления, цепи;

А12, А20 – шестерни коленчатого вала, ось рычага диска сцепления, шестерня привода масляного насоса, ось дроссельной заслонки, опора колодки тормоза.

Для производства деталей типа гаек, болтов, осей, шпилек, испытывающих более высокие напряжения, применяют стали марок А30, А35, А40Г.

Автоматные сернистые стали обладают анизотропией механических свойств – пониженными вязкостью, пластичностью и сопротивлением усталости в поперечном направлении прокатки, что вместе с низкой коррозионной стойкостью ограничивает их применение для изготовления ответственных деталей машин.

Таким образом, на основании рассмотренного материала можно сделать следующие выводы:

– проведен анализ марок широко применяемых углеродистых конструкционных сталей и областей их использования для изготовления и ремонта автомобильных деталей;

– изложенный материал позволяет корректно формулировать требования, предъявляемые к сталям определенных групп автомобильных деталей;

– проведенный анализ облегчает выбор материалов при конструировании автомобилей для изготов-

ления деталей и при ремонте деталей и узлов автомобилей с учетом условий их работы, назначения и ряда других факторов;

– проведено сопоставление отечественных марок углеродистых конструкционных сталей и их зарубежных аналогов (в США, Германии, Японии);

– материалы статьи могут быть использованы в учебном процессе при подготовке бакалавров и специалистов по направлению подготовки „Автомобильный транспорт“ в следующих дисциплинах: „Технологии капитального ремонта автомобилей“, „Проектирование АТП“, „Организация и управление производством технического обслуживания и ремонта автомобилей“ и „Ресурсосберегающие технологии при проведении ремонта“.

#### Список литературы

1. Волчок И.П., Беликов С.Б. Системы современных технологий. – Запорожье: Мотор Сич, 2004. – 352 с.
2. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.
3. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др.; Под общ. ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
4. Фокин В.В., Марков С.Б. Материаловедение на автомобильном транспорте. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 288 с.
5. Колесник П.А., Кланица В.С. Материаловедение на автомобильном транспорте. – М.: Академия, 2005. – 320 с.
6. Гулиа Н.В., Клоков В.Г., Юрков С.А. Детали машин. – М.: Академия, 2004. – 416 с.

Проведено аналіз основних марок конструкційних вуглецевих сталей, який дозволяє коректно формулювати вимоги, що пред'являються до сталей певних груп автомобільних деталей, та виконувати вибір матеріалів для виготовлення або ремонту деталей автомобілів з урахуванням властивостей сталей, призначення і умов роботи автомобільних деталей.

**Ключові слова:** сталь, класифікація сталей, міцність, пластичність, оброблюваність різанням, термічна обробка, автомобільні деталі

Basic grades of structural carbon steel, used in motor-car industry, has been analyzed. Material of the article allows to formulate correctly requirements, produced to steels of motor-car details, and to choose materials for production or repair of details taking into account properties of steels and conditions of exploitation of motor-car details.

**Keywords:** steel, classification of steels, durability, plasticity, processibility for cutting, heat treatment, motor-car details

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Самусею 31.03.10