

Глава 4. МАТЕРИАЛЫ С ОСОБЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

4.1. Стали с высокой технологической пластичностью и свариваемостью

Технологическая пластичность – способность подвергаться горячей и холодной пластической деформации.

В горячем (аустенитном) состоянии большинство сталей обладают высокой пластичностью, что позволяет получать фасонный прокат и поковки без дефектов (трещин, разрывов и т.п.). Более того, горячей обработкой давлением (в сочетании с последующим отжигом) измельчают микроструктуру, устраняют литейные дефекты и, формируя волокна вдоль контура поковок, создают благоприятно ориентированную макроструктуру. В результате этого горячедеформированный металл в отличие от литого имеет примерно в 1,5 раза более высокую конструкционную прочность.

Высокий запас технологической пластичности необходим листовым сталям, предназначенным для холодной штамповки. Холодная штамповка находит широкое применение в автомобилестроении.

Листовая сталь для холодной штамповки должна обладать способностью к глубокой вытяжке и иметь хорошее качество поверхности для последующего нанесения покрытия. Различают четыре категории вытяжки: ВГ – весьма глубокая; СВ – сложная; ОСВ – особо сложная; ВОСВ – весьма особо сложная. Способность к вытяжке зависит от многих факторов: химического состава и концентрации углерода, структуры и механических свойств стали. Чем меньше концентрация углерода, тем легче идет технологический процесс вытяжки. Для глубокой вытяжки содержание углерода в стали ограничивают до 0,1%; при 0,2–0,3% С возможны только незначительные изгиб и вытяжка, а при 0,35–0,45% С – изгиб большого радиуса.

Микроструктура стали должна состоять из феррита с небольшим количеством перлита. Выделение по границам зерен структурно свободного (третичного) цементита строго ограничено во избежание разрывов при штамповке. Лучше всего деформируется сталь с мелким зерном, соответствующим 7–8 номеру зернистости по ГОСТ 5639-82. При большем размере зерна получается шероховатая поверхность в виде так называемой апельсиновой корки, при меньшем – сталь становится слишком жесткой и упругой. Также нежелательна разнотекучая структура, поскольку она способствует неравномерности деформации и образованию трещин.

Контролируемыми параметрами механических свойств стали являются относительное удлинение δ и отношение σ_T/σ_B . Чем больше δ , ниже σ_T , тем меньше отношение σ_T/σ_B (рекомендуется 0,55–0,66), тем выше способность низкоуглеродистых сталей к вытяжке.

Для глубокой, сложной и особо сложной вытяжки используют малопрочные $\sigma_B = 280\text{--}330$ МПа, высокопластичные $\delta = 33\text{--}45\%$ низкоуглеродистые стали. Их поставляют в виде тонкого холоднокатаного листа, подвергнутого рекристаллизационному отжигу при $650\text{--}690^\circ\text{C}$.

Широко применяют кипящую сталь 08кп. Способность этой стали хорошо штамповаться обусловлена низким содержанием углерода и почти полным отсутствием кремния, который сильно упрочняет феррит и затрудняет его деформируемость. Из стали 08кп штампуют детали кузова автомобиля, корпуса приборов и другие детали сложного профиля.

Кипящая сталь 08кп обеспечивает только первую категорию вытяжки (ВГ). Ее недостаток – склонность к деформационному старению. Следствием деформационного старения является образование на поверхности изделия после вытяжки полос скольжения своеобразных складок.

Методом контроля склонности стали к деформационному старению служит запись диаграммы кривой растяжения. Кривая растяжения должна быть плавной, со слабым деформационным упрочнением и не иметь площадки или зуба текучести (рис. 4.1). Наличие последних указывает на то, что в стали прошло деформационное старение.

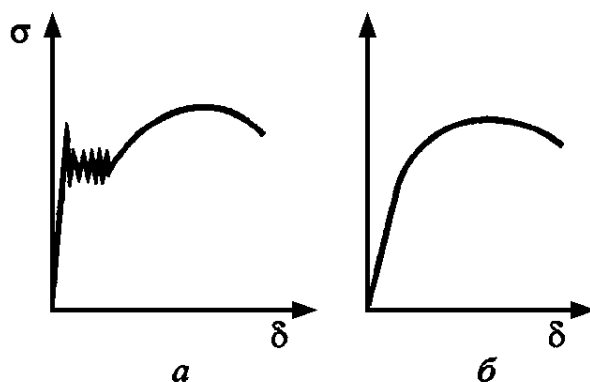


Рис. 4.1. Диаграммы растяжения холоднокатаной отожженной стали, склонной к деформационному старению (а) и нестареющей (б)

Для исключения брака в виде полос скольжения применяют нестареющие стали:

- кипящую 08Фкп, микролегированную ванадием (0,02–0,04%);
- спокойную 08Ю и 10ЮА с присадкой алюминия (0,02–0,5%);

– спокойную (08ГСЮФ) с присадками алюминия и ванадия (ванадий и алюминий в этих случаях связывают углерод и остаточный азот в карбиды и нитриды, выводят примеси внедрения из твердого раствора и предупреждают развитие старения).

Основное применение имеет сталь 08Ю, которая допускает все четыре категории качества.

Для штампованных деталей и изделий, которые должны иметь повышенную прочность (например, диски колес), применяют двухфазные стали 12ХМ, 18ХГ2ФТЮДР с ферритно-мартенситной структурой, состоящей из мягкого феррита и прочного мартенсита (20–30%). Получают такую структуру закалкой из межкритического интервала (A_1 – A_3) после горячей прокатки. Стали достаточно легко штампуются, но при этом сильно упрочняются (после штамповки $\sigma_T = 450$ – 600 МПа).

Свариваемость – способность получения сварного соединения, равнопрочного с основным металлом.

Большинство неразъемных соединений получают сваркой плавлением с использованием мощного теплового источника – электрической дуги. При этом основной металл и электрод плавятся, образуя жидкую ванну. Температуры сварочной ванны и примыкающего металла достигают высоких значений. После кратковременного нагрева следует достаточно быстрое охлаждение, т.е. возникает своеобразный термический цикл, который определяет строение сварного шва и околошовной зоны. При сварке углеродистой стали структура околошовной зоны (зоны термического влияния) формируется в соответствии с диаграммой состояния Fe – Fe₃C (рис. 4.2). Шов имеет структуру литого металла, которая образуется в процессе первичной кристаллизации. Из-за направленного отвода теплоты кристаллы здесь приобретают столбчатую форму, вытянутую перпендикулярно линии сплавления.

Зона термического влияния состоит из четырёх участков:

1) участок перегрева с крупным зерном и повышенной хрупкостью. В углеродистых сталях здесь формируется видманштеттова структура, состоящая из сетки феррита и пластинчатого перлита; в легированных сталях возможно образование структур закалки: бейнита, мартенсита или смеси мартенсита с бейнитом (табл. 4.1). Этот участок предрасположен к образованию холодных трещин;

2) участок полной перекристаллизации, образующийся после нагрева выше критической точки A_3 . На этом участке в углеродистых сталях образуется мелкое зерно, они имеют повышенный запас пластичности и вязкости; в легированных сталях здесь также возможно образование структур закалки;

3) участок неполной перекристаллизации, образующийся после нагрева стали в межкуритическом интервале температур $A_1 - A_3$. После нагрева углеродистых сталей здесь сохраняется крупное зерно феррита и измельчается перлитная составляющая; в легированных сталях возможно образование структур неполной закалки;

4) зона низкого отпуска, испытывающая нагрев ниже температур фазовых превращений (точка A_1). Происходящие на этом участке изменения зависят от исходной структуры стали, которая может не изменяться, испытывать рекристаллизацию, если предварительно была проведена холодная деформация, или отпуск, если металл был предварительно закален.

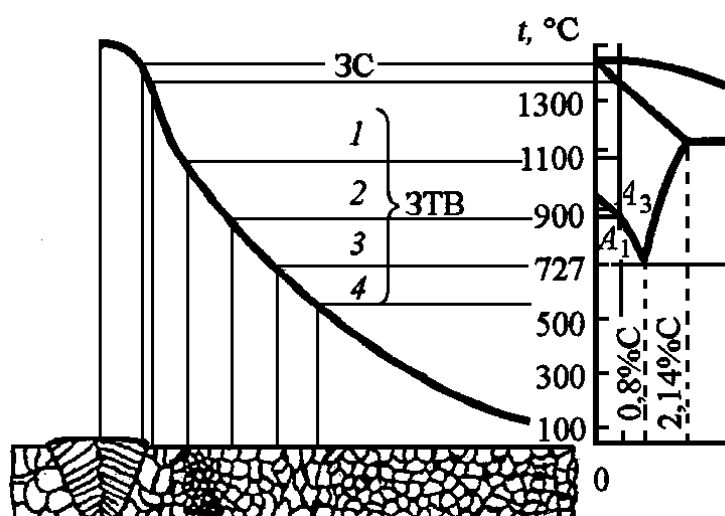


Рис. 4.2. Схема строения сварного соединения при сварке стыкового шва: ЗС – зона сплавления; ЗТВ – зона термического влияния; 1 – участок перегрева; 2 – участок полной перекристаллизации; 3 – участок частичной перекристаллизации; 4 – зона низкого отпуска

Таблица 4.1

Структура стали в различных участках зоны термического влияния сварного шва

Номер участка	Сталь		
	низкоуглеродистая	низколегированная	средне- и высоколегированная*
1	Ф + П (крупное зерно)	Б (крупное зерно)	М + A_{oct} (крупное зерно)
2	Ф + П (мелкое зерно)	Б (мелкое зерно)	М + A_{oct} (мелкое зерно)
3	Ф + П	Б + Ф	М + Ф
4	То же	Ф + карбиды	Продукты отпуска

* В высоколегированных аустенитных сталях зона термического влияния сохраняет структуру аустенита.