

Я. Б. ГУРЕВИЧ, А. М. ЗУБКО, В. В. НИКОНОВА, Э. П. РАХМАНОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАПРАВЛЕННОГО РОСТА И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ПРОКАТКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭВТЕКТОИДНОЙ СТАЛИ

(Представлено академиком Г. В. Курдюмовым 15 IV 1971)

Исследование структуры и механических свойств эвтектоида, полученного в условиях направленного теплоотвода, представляет интерес в связи с возможностью образования ориентированного перлита. Подобные структуры при направленной кристаллизации эвтектических сплавов ⁽¹⁾ приводят к повышению прочности в 2—3 раза по сравнению с литым материалом, имеющим беспорядочную ориентацию эвтектических колоний.

Авторы ⁽¹⁾ показали, что улучшение механических свойств ориентированных волокнистых структур является следствием образования высокопрочных усов одной из фаз. Упрочнение ориентированных пластинчатых структур менее эффективно, так как пластины, по-видимому, более дефектны. В отличие от эвтектики в эвтектоиде не образуются волокнистые структуры, хотя причины этого не вполне ясны. В беспорядочно ориентированных пластинчатых и волокнистых материалах прочность определяется характеристиками менее прочной фазы. В ориентированных структурах при нагружении вдоль пластин или волокон механические свойства определяются более прочной фазой, матрица, в основном служит для передачи нагрузки упрочняющей фазе.

В настоящее время делаются попытки получить ориентированную структуру путем направленного эвтектоидного распада в системах In — Ni, Cu — In, Cu — Al, Co — Si, Al — Zn и Fe — C ⁽²⁻⁴⁾.

Нами сделана попытка исследовать влияние направленного роста перлита в углеродистых сталях и последующей его деформации на механические свойства. В качестве объекта исследования использована промышленная сталь эвтектоидного состава с 0,8% С. Прутки прямоугольного сечения 12 × 12 мм и длиной 350 мм перемещались с постоянной скоростью через индуктор закалочного контура высокочастотного генератора. Непосредственно под индуктором помещался холодильник с проточной водой, в который опускался образец. Регулировка подаваемой мощности генератора позволяла в широких пределах менять температуру горячей зоны образца. Величина градиента температуры определялась температурой горячей зоны и расстоянием между витком индуктора и холодильником. Устройство позволяло перемещать границу раздела аустенит — перлит с заданной скоростью, что создавало условия для роста перлита вдоль оси образца. Скорость перемещения образца варьировалась от 0,24 до 800 см в час, градиент температуры ≈ 500 — 700° на см, температура горячей зоны ≈ 1200°. Однако образцы, полученные при скоростях роста более 200 см в час, содержали локальные участки мартенситной структуры и обладали повышенной хрупкостью, что исключало возможность последующей прокатки и исследования механических свойств.

Полученные таким образом образцы после снятия обезуглероженного слоя прокатывались со скоростью 0,5 м/сек на стане с валками диаметром

120 мкм при температурах 500, 550, 600 и 650°С с суммарной степенью обжатия 50%. Результаты механических испытаний на растяжение приведены на рис. 1.

Увеличение σ_b со скоростью роста в исходных образцах, по-видимому, связано, в основном, с уменьшением межпластиночных расстояний. Оценка межпластиночных расстояний перлитной структуры затруднительна, так как плоскость шлифа пересекает перлитные колонии под различными углами и поэтому видимые размеры пластин оказываются больше их истинного значения. С увеличением скорости роста дисперсность перлитной структуры возрастает и при скоростях роста более 50 см/час оказывается за пределами разрешающей способности оптического микроскопа и поэтому можно видеть лишь форму и ориентировку эвтектоидных колоний. Вследствие этого металлографическое исследование проведено в ограниченном интервале малых скоростей роста.

На рис. 2а, б приведена структура перлита, полученного при скоростях роста 1 и 9 см/час соответственно. Наибольшая степень ориентации, вызванной направленным теплопроводом, наблюдается при малых скоростях роста. С увеличением скорости роста появляется все большее число перлитных колоний случайной ориентации, что связано с зарождением новых центров перед фронтом растущего перлита. Поэтому при больших скоростях роста вклад, который вносит ориентировка перлита в механические свойства, уменьшается и изменение прочностных характеристик в значительной степени связано с увеличением дисперсности.

Прокатка при 500°С приводит к увеличению как показателей прочности, так и пластичности эвтектоида (рис. 1а), что связано с увеличением ориентации и уменьшением межпластиночного расстояния перлита. Повышение температуры прокатки приводит к некоторому снижению прочности и существенному увеличению пластичности. На рис. 1б приведена зависимость σ_b , δ , ψ от температуры прокатки для образцов, выращенных со скоростью 10 см/час и 100 см/час. После прокатки при 600°С в образцах, полученных при скоростях роста более 50—60 см/час, σ_b становится ниже исходного значения, однако характеристики пластичности возрастают примерно в четыре раза. Снижение σ_b с повышением температуры прокатки вызвано дроблением пластин цементита и возможно сфероидизацией. В результате прокатки при температурах вплоть до 550°С сохраняется ориентация и пластинчатое строение перлита (рис. 2в), хотя уже здесь заметно дробление пластин. После прокатки при 600°С структура становится еще более дисперсной с равномерно распределенными почти равноосными частями цементита размерами менее 1 мкм (рис. 2г).

Металлографические данные находятся в согласии с предварительными результатами рентгеновского исследования направленно выращенного

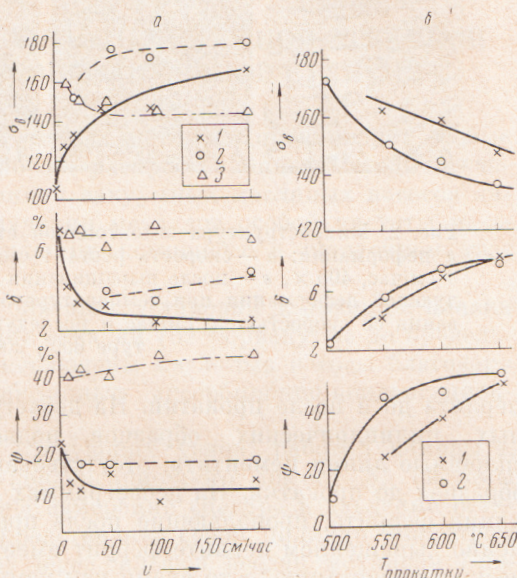


Рис. 1. Зависимость механических свойств эвтектоидной стали: а — от скорости перемещения зоны аустенит — перлит после направленного роста: 1 — без прокатки, 2 — прокатка при 500°; 3 — прокатка при 600°; б — от температуры прокатки при различных скоростях перемещения зоны аустенит — перлит: 1 — 10 см/час, 2 — 100 см/час

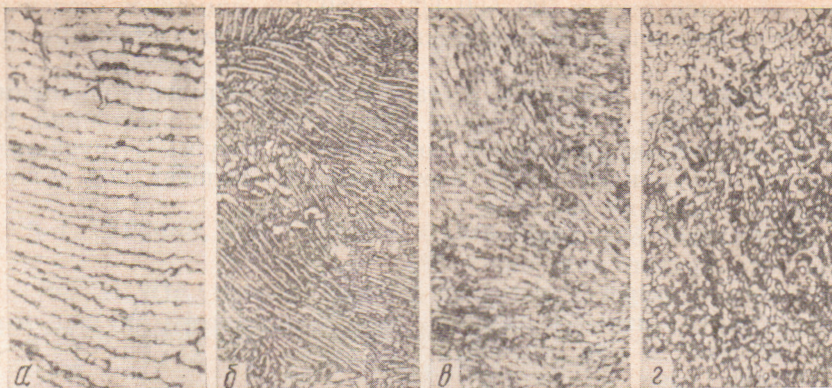


Рис. 2. Микроструктура эвтектоидной стали после направленного роста и деформации: *а* — скорость роста 1 см/час, 2000 $\times$, *б* — скорость роста 9 см/час, 400 $\times$, *в* — после выращивания со скоростью 10 см/час и последующей деформации при температуре 550°, 2000 $\times$, *г* — после выращивания со скоростью 10 см/час и последующей деформации при температуре 600°, 2000 $\times$

перлита до и после прокатки. На дебаеграммах, полученных с неподвижных цилиндрических образцов, подвергнутых прокатке, появляются сплошные линии цементита, отсутствовавшие в направленно выращенных образцах до прокатки. На дебаеграммах непрокатанных образцов имелись линии феррита, пропадающие после прокатки. Следовательно, в направленно выращенном перлите феррит имеет беспорядочную кристаллографическую ориентацию, в то время как цементит текстурован. Появление линий цементита в прокатанных образцах вызвано дроблением и кристаллографической разориентацией частиц цементита, исчезновение же линий феррита на рентгенограммах обусловлено возникновением текстуры прокатки.

Таким образом, повышение пластичности и снижение σ_b после прокатки при высоких температурах, по-видимому, является следствием разрушения пластинчатой структуры, в результате этого образуется материал, представляющий собой текстурованный феррит, упрочненный равномерно распределенными дисперсными частицами цементита.

Авторы считают своим приятным долгом выразить признательность Р. И. Энтину и Н. Т. Травиной за помощь в проведении исследований и обсуждении результатов.

Институт металловедения и физики металлов
Центрального научно-исследовательского
института черной металлургии
им. И. П. Бардина
Москва

Поступило
6 IV 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ R. W. Hertzberg, F. D. Lemkey, J. A. Ford, Trans. AIME, 233, 342 (1965). ² R. D. Jones, K. G. Thomas, Phil. Mag., 22, 427 (1970). ³ F. M. A. Carpay, Acta Metallurg., 18, 17, 747 (1970). ⁴ G. F. Bolling, R. H. Richman, Metallurg. Trans., 1, 8, 2095 (1970).