

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ И ФИЗИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ СЛИТКА МАССОЙ 24,2 Т СТАЛИ 38ХНЗМФА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК

© 2010 Д.В. Руцкий, Н.А. Зюбан, С.Б. Гаманюк, Ю.А. Посламовская

Волгоградский государственный технический университет

Поступила в редакцию 30.03.2010

Проведено исследование ликвационной и физической неоднородности крупного кузнечного слитка конструкционной стали. Определены механические свойства и химический состав металла на различных участках длинномерных заготовок. На поковках типа труб и валов наблюдается большая разница в содержании углерода по концам заготовок, обусловленная объемной ликвацией элементов в исходном слитке. Это различие в содержании углерода значительно осложняет выбор режима термической обработки, в частности, температуры отпуска, и затрудняет получение равных и стабильных значений механических свойств по длине готового изделия.

Ключевые слова: *слиток, поковка, неоднородность, кристаллизация*

Крупные длинномерные поковки производятся из кузнечных слитков большой единичной массы. Увеличение массы слитка приводит к развитию химической и физической неоднородности. Объемная химическая неоднородность, развивающаяся в слитках в процессе кристаллизации и выявляемая впоследствии в поковках, снижает их сдаточные характеристики. В слитке объемная химическая неоднородность выражается, в основном, в наличии области отрицательной ликвации в нижней трети слитка, а также в повышенном содержании ликватов в верхней части осевой зоны [1, 2]. Неоднородность химического состава металла наблюдается как по высоте, так и по сечению слитка. Физическая неоднородность проявляется в виде усадочной раковины (зачастую локализуемой в прибыльной части слитка), зоны осевой рыхлости и зоны дугообразных трещин [3]. Недостаточная проработка осевых объемов металла при ковке может привести к отбраковке готового изделия на стадии ультразвукового контроля.

Руцкий Дмитрий Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология материалов». E-mail: tecmat@vstu.ru

Зюбан Николай Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология материалов», декан факультета «Технологии конструкционных материалов». E-mail: tecmat@vstu.ru

Гаманюк Сергей Борисович, аспирант

Посламовская Юлия Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология материалов»

Для изучения химической и физической неоднородности был вырезан продольный темплет из кузнечного слитка массой 24,2 т стали 38ХНЗМФА, который является исходной заготовкой для изготовления трубной поковки. Отливка слитка производилась с вакуумированием струи металла в процессе разлива стали в восьмигранную изложницу со стационарной прибыльной надставкой, которые перед сборкой прогревались газовыми горелками до 80-100°C. Исследование химической неоднородности производилось отбором проб металла на различных горизонтах слитка, результаты показаны на рисунке 1.

Видно, что в исследуемом слитке имеется как область отрицательной ликвации (нижняя 1/3 часть тела слитка), так и область положительной ликвации. При этом если область отрицательной ликвации имеет сужающуюся с переходом в верхние горизонты конусообразную форму, то область положительной ликвации сосредоточена в узкой осевой зоне верхней части слитка. Физическая неоднородность в слитке, представлена усадочной раковинной, зоной осевой рыхлости и зоной дугообразных трещин (см. рис. 1). Зона осевой рыхлости практически совпадает с участками положительной ликвации. Зона дугообразных трещин располагается в месте перехода от отрицательной ликвации к положительной.

Качество толстостенных трубных заготовок изучали по длине и сечению (рис. 2). Из колец отбирались образцы для определения химического состава металла на спектральном анализаторе по ГОСТ 18895. Из каждого диска

вырезались пробы для механических испытаний по ГОСТ 5192-78.

На рисунке 3а представлены графики распределения углерода по длине заготовок, а также результаты механических испытаний (см. рис. 3б, в, г). Видно, что в металле поковок с I конца, соответствующего нижней части слитков (см. рис. 3а) на длину равную 2 м, содержание углерода равно 0,30-0,36%, что существенно отличается от состава металла поковки на остальной ее длине. При этом на первом конце трубных заготовок уровень прочностных свойств значительно ниже, чем на остальной длине (см. рис. 3б). Пластические свойства имеют обратную закономерность в изменении своих величин. Также обнаружены провалы значений ударной вязкости на середине длины поковки (см. рис. 3г).

Приведенные в таблице 1 характеристики механических свойств по длине заготовок не соответствует требованиям ТУ, предъявляемых к данным изделиям. При получении значительной разницы в показателях величин механических свойств на противоположных концах одной заготовки, превышающих 20%, назначается ее повторная термическая обработка с различной температурой нагрева противоположных концов изделия перед закалкой, при этом ее разница по длине может достигать 250°C. Такие режимы термической обработки могут обеспечить требуемый уровень механических свойств только по концам готовых изделий, но не могут дать стабильности этих свойств по всей их длине, что требует поиска других мер для получения деталей более однородных по показателям механических свойств.

При сопоставлении развития ликвационной неоднородности в исходном слитке и поковках видно, что пониженное содержание углерода на первом (донном) конце поковки соответствует его содержанию в конусе осаждения слитка (см. рис. 1, 3а). Совпадают также и соотношения масс с отрицательной степенью ликвации в слитке и поковках. Так, при сопоставлении масс поковки и слитка с учетом донной обрезки выясняется, что зона с пониженным содержанием углерода располагается в нижней части слитка на высоту примерно равную 500-700 мм, которая затем переходит в поковку.

Выводы: исследования крупного стального слитка выявили его значительную химическую и физическую неоднородность, которые могут наследоваться готовым изделием. В случае производства полых поволоков типа труб ведущая роль отводится химической неоднородности, поскольку последствия физической неоднородности будут проявляться в малой

степени вследствие прошивки или сверления получаемой из слитка заготовки. Обусловлено это тем, что большая разница в содержании углерода по концам поволоков значительно осложняет выбор режима термообработки заготовок, что приводит к возрастанию термических переработок и повторных испытаний.

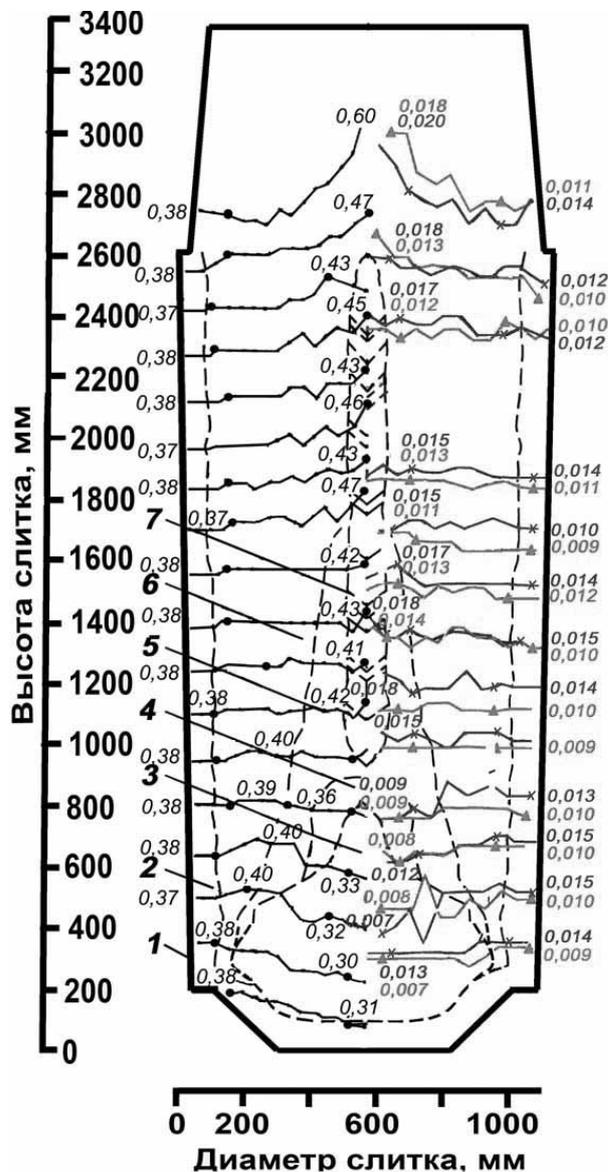


Рис. 1. Распределение углерода, серы и фосфора по высоте и сечению слитка массой 24,2т стали марки 38ХНЗМФА:

*—пунктирными линиями показаны структурные зоны в слитке – 1– корковая зона; 2– зона столбчатых кристаллов; 3– зона конуса осаждения; 4– зона дугообразных трещин; 5, 6– зона мелких и крупных различно ориентированных дендритов; зона различно ориентированных кристаллов; 7 – осевая зона

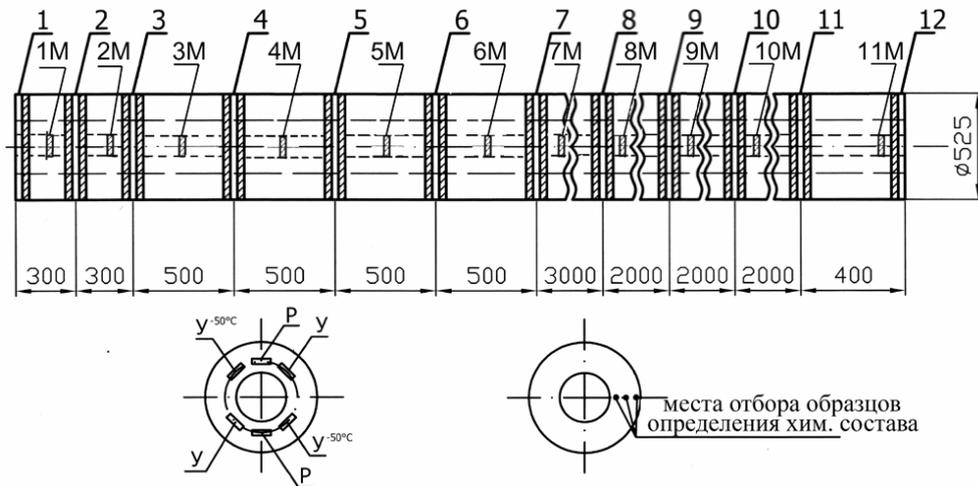


Рис. 2. Схема отбора проб металла для уровня механических свойств в трубной заготовке: Ик, Пк – конец заготовки, соответствующий нижней и верхней части слитка; Y, Y^{-50°C} – образцы исследуемые на удар при t +20°C и при t -50°C; P – образцы исследуемые на разрыв

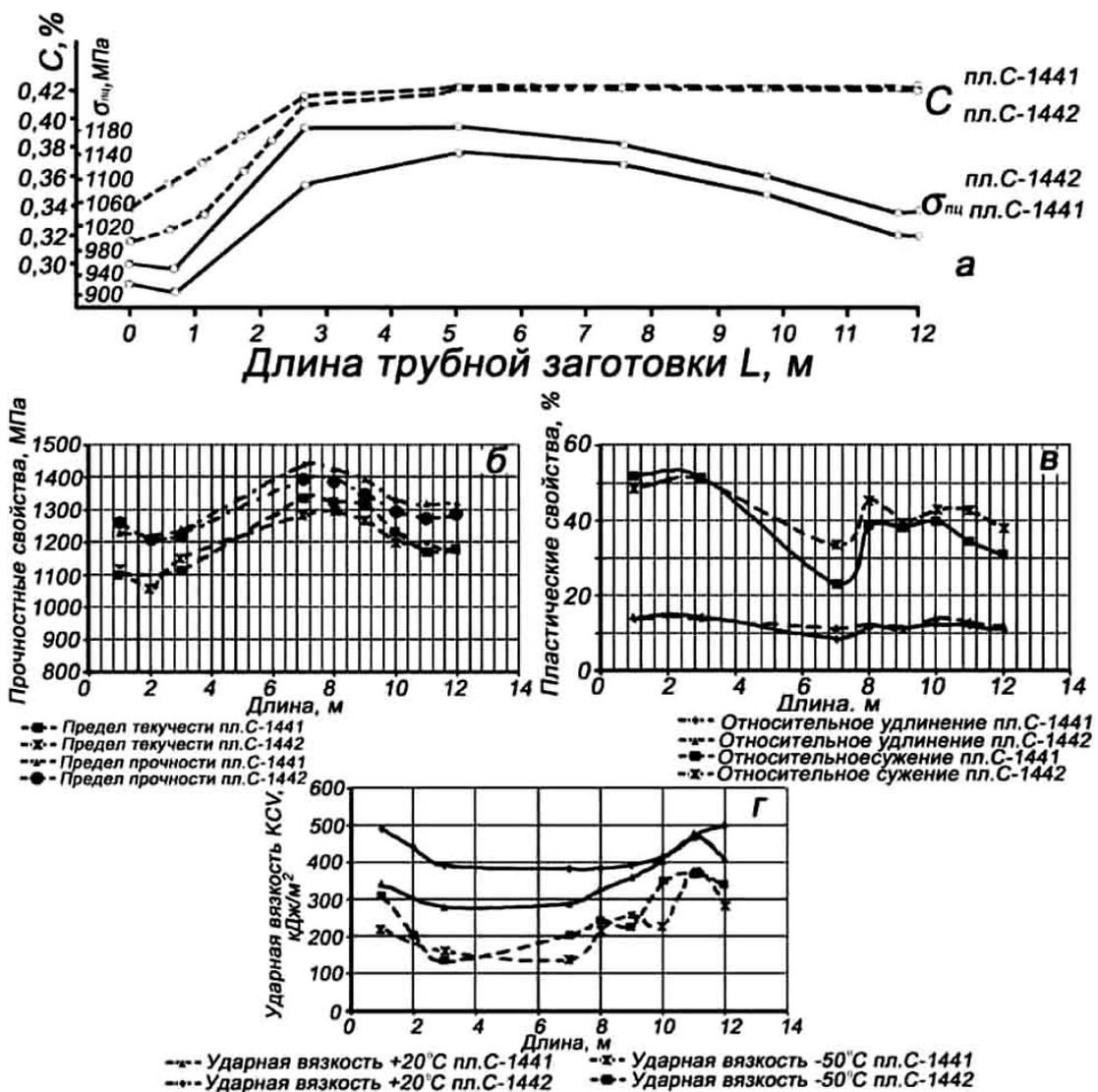


Рис. 3. Изменение содержания углерода, предела пропорциональности (а), прочностных свойств (б) и пластических (в, г) по длине трубной поковки, изготовленной из слитка массой 24,2т стали 38ХНЗМФА

Таблица 1. Неравномерность механических свойств в трубных заготовках

Механические свойства	$\sigma_{\text{пц}}$, МПа	$\sigma_{\text{г}}$, МПа	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	δ , %	ψ , %	КСУ, кДж/м ²
Разница между противоположными концами заготовки	250	270	240	7	32	220
Требования ТУ	120	110	80	4,0	21,0	100

Работа выполнена в рамках проекта Мин. обр. РФ рег. №2.1.2/283 «Исследование фундаментальных процессов формирования структуры и свойств сверхкрупных металлоизделий в различных условиях кристаллизации».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Скобло, С.Я. Слитки для крупных поковок // С.Я. Скобло, Е.А. Казачков. – М.: Металлургия, 1973. – 247 с.
2. Лебедев, В.Н. Крупные поковки для валов турбогенераторов // В.Н. Лебедев, В.М. Коровина, П.Н. Варакин. – М.: Машиностроение, 1968. – 120 с.
3. Жульев, С.И. Производство и проблемы качества кузнечного слитка // С.И. Жульев, Н.А. Зюбан. – Монография: ВолгГТУ. – РПК «Политехник», 2003. – 168 с.

INFLUENCE OF CHEMICAL AND PHYSICAL HETEROGENEITY OF THE INGOT IN WEIGHT 24,2 T FROM STEEL 38XH3MΦA ON MECHANICAL PROPERTIES OF TUBULAR BILLETS

© 2010 D.V. Rutskiy, N.A. Zyuban, S.B.Gamanyuk, Yu.A. Poslamovskaya

Volgograd State Technical University

It is carried out the research of liquation and physical heterogeneity in large forge ingot from constructional steel. Mechanical properties and a chemical compound of metal on various sites of lengthy billets are certain. On forgings of pipe and shaft types the greater difference in the carbon contents on the ends of the billets, caused by volumetric liquation of elements in initial ingot is observed. This distinction in the carbon contents considerably complicates the choice of thermal processing mode, in particular, of temper temperatures, and reception of equal and stable values of mechanical properties during the length of finished products.

Key words: *ingot, forging, heterogeneity, crystallization*

Dmitriy Rutskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department "Technology of Materials".

E-mail: tecmat@vstu.ru

Nikolay Zyuban, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Technology of Materials", Dean of the Faculty "Technology of Constructional Materials". E-mail: tecmat@vstu.ru

Sergey Gamanyuk, Post-graduate Student

Yuliya Poslamovskaya, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department "Technology of Materials"