УДК: 669.017:621.771.2

Г.В.Тимофеев

СТРУКТУРНАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ В ПРОКАТЕ БОЛЬШИХ СЕЧЕНИЙ ИЗ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

Целью работы является определение закономерностей наследственного влияния первичной структуры непрерывнолитых заготовок на показатели качества – структуру и свойства проката больших сечений. Показано что на формирование структуры и комплекса свойств трубных заготовок и проката больших сечений в процессе деформационно–термической обработки, кроме параметров прокатки и последующего охлаждения, значительно влияют структурные характеристики литых заготовок, которые зависят от условий кристаллизации и структурообразования.

наследственность, первичная структура, заготовка, прокат крупных сечений, структурные характеристики

Современное состояние вопроса. В последнее время всё большее внимание исследователей стала привлекать проблема наследственности. С активным переходом Украины на непрерывную разливку, которая имеет целый ряд преимуществ перед разливкой в изложницы, данная проблема опять стала актуальной.

Применение непрерывной разливки обеспечило возможность получения заготовок любых размеров и массы со значительно лучшей однородностью химического состава по сечению и высоте в сравнении с катаными заготовками. Значительная однородность свойств непрерывнолитых заготовок по сравнению с катаными позволяет повысить запас прочности, принятый в настоящее время для расчетов машин и строительных конструкций, а это влечет за собой значительное уменьшение их массы. При непрерывной разливке стали сохраняются постоянные условия кристаллизации металла по всей длине заготовки (слитка) и обеспечивается высокая степень структурной и химической однородности металла. При непрерывной разливке достигается значительное увеличение выхода годных заготовок. В них зональная ликвация как по сечению, так и по высоте, значительно меньше, чем в обычных крупных слитках [1–6]. Указанные особенности непрерывнолитого слитка сохраняются при последующей горячей деформации — прокаткой, ковкой или штамповкой, обеспечивая однородность свойств и структуры готовой продукции всей плавки. Наблюдаемая в непрерывнолитых заготовках повышенная пористость центральной зоны не сопровождается скоплениями ликватов и при соответствующем обжатии во время горячей деформации заваривается, не вызывая образования каких-либо дефектов в листе или сорте [7–15].

Несовершенства отдельных технологий производства непрерывнолитых заготовок приводят к образованию дефектов металла, а отсутствие достаточно полных знаний о природе возникновения и дальнейшей

трансформации некоторых из них затрудняет разработку и совершенствование параметров дальнейшей деформационно–термической обработки. До сих пор особенности производства непрерывнолитых заготовок, их влияние на морфологию и кинетику образования первичной структуры недостаточно учитывались при разработке дальнейших деформационно-термических режимов производства проката различных марок. Недостаточно изучено и практически не используется наследственное влияние начального механизма структурообразования и формирование непрерывнолитой заготовки, и факторов его определяющих, на конечную структуру и комплекс свойств готовой металлопродукции.

Как утверждает автор [16] на основных этапах изготовления металлопродукции, закладывается определенная металлогенетическая информация, и виды наследственности металла можно разделить на три основные группы, связанные между собой – металлургическую, структурную и технологическую.

Металлургическая наследственность – это способность литого металла сохранять структурные особенности и свойства исходных шихтовых материалов и жидкого металла. Она обусловлена, прежде всего, химическим составом, качеством шихты, состоянием расплава и условиями его обработки (температуры перегрева, перемешивания, флюсовой обработки, раскисления, модифицирования и т.п.) [17]. На каждом уровне производства расплава появляются определенные элементы его структуры, которые имеют наследственные признаки свойств литого металла именно этого уровня [18].

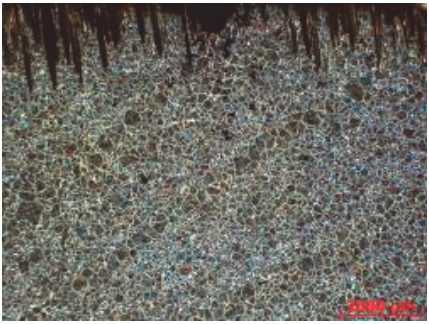
Технологическую наследственность связывают с сохранением при последующих операциях производства металлопродукции особенностей строения исходного металла, обусловленных влиянием разных технологических факторов. Закладка определенных металлогенетических признаков технологической наследственности имеет место на всех этапах плавления, кристаллизации, деформационной, деформационно–термической, термической обработки. В большинстве случаев именно технологические факторы отвечают за закладку особенностей строения и проявлений металлургической и структурной наследственности металлов и сплавов. Наиболее частое явление наследственности связывают с неравновесностью фазово–структурного состояния. Наследственность, проявляющаяся как сохранение в металле после фазового или структурного превращения определенных особенностей строения его исходной структуры на разных уровнях (макроскопическом, микро- и субмикроскопическом), называют структурной.

Одним из видов структурной наследственности после фазового или структурного преобразования является существование в стали химической неоднородности, которая проявляется в сохранении ликвационных участков, возникающих при кристаллизации расплава.

Целью настоящего исследования является изучение влияния исходных структурные характеристик непрерывнолитых заготовок на формировании структуры и комплекса свойств проката больших сечений в процессе деформационно–термической обработки.

Изложение основных результатов исследования. Предварительные исследования (выполнены под руководством: к.т.н., н.с. Грицай Т. В.и д.т.н. проф. Левченко Г.В.) показали зависимость размера зерна от расположения дендритных и междендритных участков в горяче деформированном металле. На рис.1 видно что более крупное зерно образуется в участках бывших дендритных осей, а более мелкое в междендритных пространствах. Чем выше порядок бывшей дендритной оси, тем крупнее зерно перлита, сформированное на данном участке.

На уменьшение влияния первичной дендритной структуры оказывают влияние в целом все параметры обработки. Поэтому при разработке и усовершенствовании режимов обработки проката из непрерывнолитых заготовок необходимо учитывать тот факт, что непрерывнолитой металл подвергается менее интенсивному деформационному воздействию при более низких температурах, а, значит, и наследственное влияние морфологических особенностей строения первичной кристаллизационной структуры, связанной с концентрационной неоднородностью распределения ликвирующих элементов при кристаллизации (стабилизаторов аустенита и феррита), будет значительно выше, что повлечет за собой анизотропию свойств.

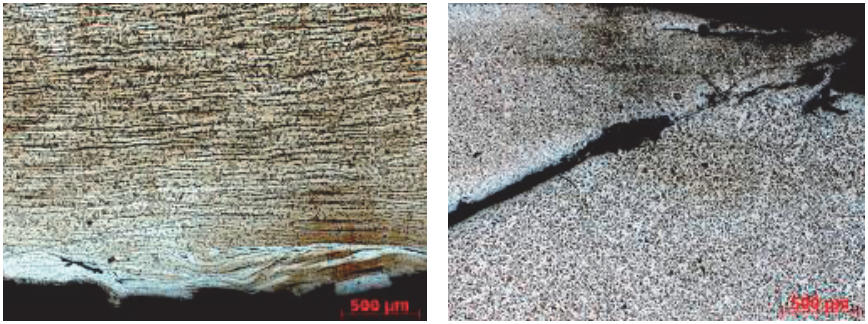


а б

Рис.1. Поверхность трубной заготовки Ø 270мм А_ - Дендритная структура, Б - зёренная структура.

В настоящее время при производстве проката крупных сечений из непрерывнолитого металла режимы деформационно-термических обработок, которые применялись раннее для слиточного металла, не являются оптимальными и требуют дополнительного уточнения. В связи с этим может образоваться брак и ухудшение механических свойств готовой продукции из непрерывнолитого металла.

Исследование готовых труб размером 114х13.5мм из стали Ст20 показало что не смотря на соответствие требованиям стандартов к поставляемой трубной заготовке, существует достаточно большое количество брака готовых труб. На рисунке 2 показан такой наиболее распространённый дефект проката как плёна.



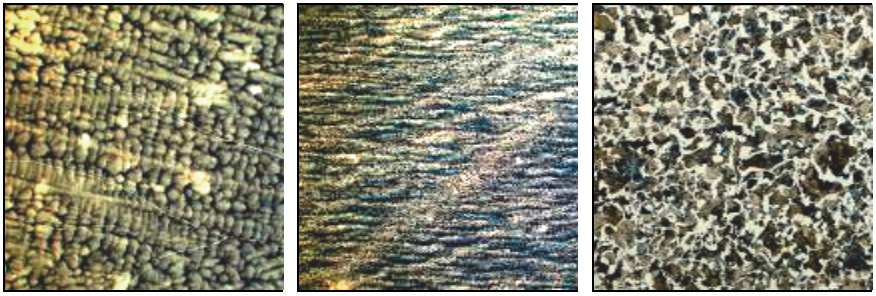
а б

Рис.2. Микроструктура готовой трубы дефект плёна на внутренней стенке - А; микроструктура готовой трубы дефект плёна на поверхности –Б.

Плёна – дефект продольной ориентации, представляющий собой отслоение металла, соединенное с изделием одной стороной, которое образовалось вследствие раскатывания в трубе дефекта поверхности трубной заготовки прокатного или ковочного происхождения: подреза, морщины, заката, закова, уса, непологих участков ремонта порока Однако при поставке заготовки потребителю отследить или спрогнозировать появление этого дефекта в готовой продукции не представляется возможным. Поэтому нашей задачей является установление зависимости качества конечной продукции от качества заготовки и определение конкретной причины появления дефектов в готовой продукции и предотвращение их появления на ранних стадиях передела.

Исследование структуры проката Ø 180 мм, изготовленного из круглой непрерывнолитой заготовки, показало крайнюю неравномерность распределения участков бывшего дендритного строения. Поверхность, хотя и является наиболее проработанной, однако может иметь «волнообразное» расположение волокнистых слоев. Участки ½ R и центральных участков являются фактически непроработанными, поскольку в структуре сохранились участки, имеющие дендритное строение, на фоне волокнистой структуры. Кроме этого размеры ликвационных участков и участков без ликвации характеризуются внушительной неравномерностью. Указанная неоднородность полосчатого (дендритного) строения горячекатаного металла отрицательно влияет на конечную ферритно-перлитную

структуру термообработанного проката (рис.3). Неравномерность распределения ликвационных участков и участков без ликвации в полной мере наследуется структурной неравномерностью. На месте бывших междендритных участков располагается значительно большее количества перлита.



а б в

Рис 3. Дендритная структура непрерывнолитой заготовки 335х400мм (а); Дендритная (б) и зёренная (в) структура термообработанного проката Ø 180мм из НЛЗ 335х400мм

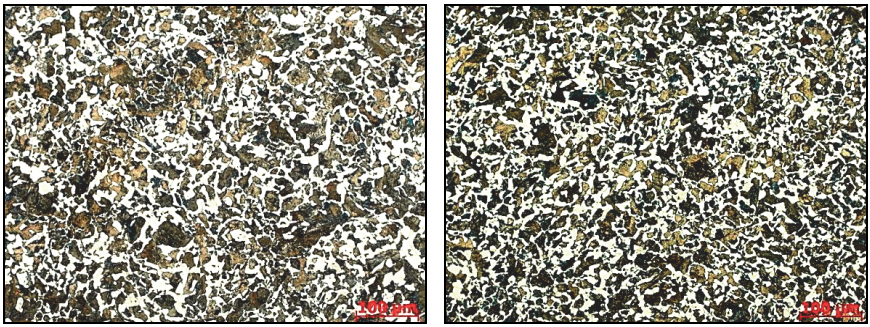
Были отобраны два образца проката изготовленного из непрерывнолитой заготовки одной плавки, на расстоянии ½ R но в разных участках по длинне проката В одном из образцов (образец №1) наблюдается более равномерная зёренная структура, в другом же (образец №2) структура имеет единично более крупные зёрна.

Такая неравномерность распределения ферритных и перлитных участков (рис.4), обусловлена химической неоднородностью, даже в случае удовлетворительных показателей металлографического анализа (средний размер зерен, балл неметаллических включений), ухудшает механические свойства термообработанного проката, в частности, снижает пластические характеристики и ударную вязкость (таблица).Таким образом наблюдаемая неравномерность структуры по сечению как известно приводит к увеличению степени анизотропии которая может привести к снижению механических свойств в прокате.

Полученные данные металлографического анализа свидетельствуют о высокой степени влияния химической неоднородности, образующейся в процессе затвердевания непрерывнолитых заготовок и сохраняющейся при последующей обработке.

Исходя из вышесказанного проявление наследственности является важным фактором для целенаправленного и обоснованного управления процессами структурообразования и формирования свойств сталей и сплавов. Особо интересными представляются аспекты проявлений наследственности, обусловленные горячей пластической деформацией в

совокупности с термическим воздействием как одним из наиболее распространенных методов формоизменения, формирования структуры и свойств заготовок и готовых изделий [16].



а б

Рис. 4. Микроструктура опытных образцов (место разрыва) проката , а – образец №1 , б – образец №2

Таблица. Механические свойства металла образцов проката (½ R) из непрерывнолитой заготовки и блюма

Маркировка	$\sigma_в$, Н/мм^2	$\sigma_т$, Н/мм^2	δ, %	Ударная вязкость при 20^0С		Средний размер перлитного зерна, номер согласно ГОСТ 5639
				$a_{к.ср}$, Дж/см^2	a_i, Дж/см^2	
1	670	375	24,5	66	59 - 76	8-6 (4, 5 единично)
2	675	410	29	70	67 - 73	7-8 (6 единично)

Разные условия кристаллизации и структурообразования непрерывнолитых сталей обусловливают основные отличия трансформации и наследственности структуры, фазового состава и физико-механических свойств литых сталей при следующих операциях их термической обработки.

Заключение. Проведенные исследования показывают, что на формирование структуры и комплекса свойств трубных заготовок и проката больших сечений в процессе их деформационно–термической обработки, кроме параметров прокатки и последующего охлаждения, значительное влияние оказывают исходные структурные характеристики литых заготовок, которые в свою очередь зависят от условий кристаллизации и структурообразования. Проявление наследственности является важным фактором для целенаправленного и обоснованного управления процессами структурообразования и формирования свойств сталей и сплавов. Однако, вопросы управления и оптимизации характеристик первичной литой (дендритной) структуры пока еще не нашли окончательного решения, что

затрудняет возможность их учета при формировании структуры и свойств готового проката.

1. *Функе П., Эльсайед М.* / Влияние первичной структуры на конечные свойства горячекатаных листов и полос // Чёрные металлы №22, 1988г, стр. 53-61.
2. *Штадлер П., Хаген К., Хаммершмид П., Швердтфегер К.* Формирование литой структуры и макроликвация в непрерывнолитых слябах // Чёрные металлы №9 май 1982г стр. 12-21.
3. *Филипов Е. С.* Строение, физика и химия металлических раславов. – М.: Металлургия, 1995. – 304с
4. *Чернов Д. К.* Избранные труды по металлургии и металловедению. – М.: Наука, 1983. – 448 с.
5. *Теория* и практика непрерывного литья заготовок / А.Н.Смирнов, А.Я.Глазков, В.Л.Пилюшенко и др. - Донецк: ДонНТУ, 2000. - 371 .с
6. *Хуанг Л., Вердфегер К.* / Возникновение макроликвации при непрерывной разливке сортовых заготовок // Чёрные металлы, №3, 1981г. Стр. 19-23.
7. *Систематизация* критериев комплексной оценки качества непрерывнолитой заготовки / А.Н. Смирнов, В.В. Несвет, А.Я. Глазков и др. // Металлы и литьё Украины. 201 №7-9. С. 32-36
8. *Дюдкин Д.А.* Качество непрерывнолитой стальной заготовки. – Киев: Техника, 1988.- 253с.
9. Контроль качества при непрерывной разливке стали / М.Нвакатани, Т.Адачи, Ш.Кимия и др. // Чистая сталь: Сб. научн. тр. - М.: Металлургия, 1987.-С.271-285.
10. *Производство* мелких непрерывнолитых заготовок/ А.Я.Глазков, Б.Н.Моргалев, М.Г.Чигринов и др. - М.: Металлургия, 1975. - 104 с.
11. *Корольков А.М.* Усадочные явления в сплавах и образование трещин при затвердевании. - М.: Изд-во АН СССР, 1957. - 124 с.
12. *Буряковский Г.А., Минизон Р.Д.* Поверхностные дефекты легированных сталей. - М.: Металлургия, 1987. - 246 с.
13. *Строганов А.И.* Качество поверхности металла. - М/. Металлургия, 1985.-156 с.
14. *Систематизация* критериев комплексной оценки качества непрерывнолитой сортовой заготовки / А.Н. Смирнов, В.В. Несвет, А.Я. Глазков, И.П. Коваленко, В.В. Зуб // Металл и литьё Украины № 7-9, 2001г. Стр. 32-36.
15. *Исследование* непрерывной разливки стали. / Под ред. Дж.Б.Лина. Пер. с англ. - М.: Металлургия, 1982. - 200с.
16. *Кондратюк С. Є.* Структуроутворення, спадковість і властивостілитоїсталі. – Київ.: Наукова думка. – 2010. – 176 с.
17. *Никитин В.И.* Перспективы генной инженерии в литых сплавах // Литейное производство, 1999. - №1. – с. 5-9
18. *Филипов Е. С.* Строение, физика и химия металлических раславов. – М.: Металлургия, 1995. – 304с

Статья рекомендована к печати
проф., докт.техн.наук Г.В.Левченко

Г.В.Тімофєєв

Структурна спадковість в прокаті великих перерізів з безперервнолитих заготівок

Метою роботи є виявлення закономірностей спадкового впливу первинної структури безперервно литих заготівок на показники якості – структури та властивостей прокату великих перерізів. Показано, що на формування структури і комплексу властивостей трубних заготівок та прокату великих перерізів у процесі деформаційно–термічної обробки, окрім параметрів прокатки і наступного охолодження, значно впливають структурні характеристики литих заготівок, які залежать від умов кристалізації та структуроутворення.