

**ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ТЕМПЕРАТУРЫ  
КОНЦА ПРОКАТКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛИ 06Г2Б**

*Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что обеспечение стабильных механических свойств листовой стали 06Г2Б, полученной способом контролируемой прокатки, проведения корректировки в области ее рационального легирования и технологии производства*

Листовой прокат из стали 06Г2Б предназначен для изготовления ответственных металлоконструкций в машиностроении, судостроении и других отраслях [1].

Согласно техническим условиям листовой прокат стали 06Г2Б, подвергают термической обработке – закалке и отпуску; при толщине листа до 20 мм возможно упрочнение с прокатного нагрева.

Дополнительная обработка листа удлиняет производственный цикл и естественно приводит к увеличению материальных и трудовых ресурсов. Термоупрочнение с прокатного нагрева не всегда обеспечивает требуемый уровень свойств [2].

Производство листа из стали 06Г2Б способом контролируемой прокатки, позволяющей сократить производственный цикл и обеспечить комплекс механических свойств, не уступающих тем, что получены после закалки и отпуска, как показывают отдельные промышленные пробы, возможно. Однако, широкие границы содержания легирующих элементов в пределах марочного состава, зафиксированных отечественным стандартом, требуют дополнительной корректировки температурно-деформационных режимов контролируемой прокатки.

В связи с этим, целью настоящей работы является исследование влияния уровня микролегирования ниобием, его комбинаций с различным содержанием в пределах марочного углерода при различных температурах конца прокатки на механические свойства листов толщиной до 20 мм.

Исследования проводились на стали 06Г2Б лабораторной и промышленной выплавки, химический состав которых приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав исследованных сталей

Марка стали	Содержание элементов, % вес.							
	C	Mn	Si	S	P	Cr	Nb	Ca
06Г2Б*	0,06	1,60	0,31	0,005	0,008	0,15	0,044	0,0012
06Г2	0,04	1,59	0,30	0,005	0,007	-	-	-
- // -	0,06	1,60	0,31	0,004	0,008	-	-	-
- // -	0,08	1,55	0,35	0,005	0,008	-	-	-
06Г2Б	0,04	1,50	0,30	0,006	0,009	-	0,03	-
- // -	0,06	1,55	0,31	0,006	0,007	-	0,03	-
- // -	0,08	1,50	0,33	0,007	0,008	-	0,03	-
- // -	0,04	1,60	0,35	0,007	0,008	-	0,06	-
- // -	0,06	1,55	0,27	0,006	0,008	-	0,06	-
- // -	0,08	1,54	0,25	0,006	0,007	-	0,06	-
- // -	0,04	1,55	0,35	0,005	0,008	-	0,10	-
- // -	0,06	1,56	0,29	0,006	0,009	-	0,10	-
- // -	0,08	1,50	0,35	0,005	0,007	-	0,10	-

06Г2Б\* – сталь промышленной выплавки, остальные стали лабораторной выплавки

<sup>1</sup>ПГТУ, канд. техн. наук, доц.

<sup>2</sup>ИНМТ, инж.

<sup>3</sup>ПГТУ, канд. техн. наук, доц.

В сталях лабораторной выплавки содержание углерода варьировалось в пределах марочного состава, а ниобия – от 0 до 0,1 %. Химический состав стали 06Г2Б (промышленной выплавки) соответствует марочному составу категории прочности 440 МПа.

Стали лабораторной выплавки подвергали деформации с имитацией режимов контролируемой прокатки, с вариациями температур конца прокатки от 850 до 750 °С на стане ДУ-150.

Из прокатанных пластин изготавливали стандартные образцы для механических испытаний. Испытание на растяжение проводили по ГОСТ 1497. Определение относительного сужения в направлении толщины проката – по ГОСТ 2880. Испытания на ударный изгиб проводили на образцах типа 11 – по ГОСТ 9454.

Результаты испытаний в виде серийных кривых изменения механических свойств приведены на рис. 1.

Как видно из экспериментальных данных резкое возрастание упрочнения с повышением содержания ниобия наблюдается при нижнем значении углерода (0,04 %). Для пластичности отмечается обратная зависимость. Вязкость стали несколько увеличивается при повышении содержания ниобия до 0,06 %, затем при увеличении ниобия до 0,1 % наблюдается ее уменьшение.

При содержании углерода около 0,6 % увеличение прочностных свойств уже не столь интенсивное при повышении содержания ниобия, как в предыдущем случае, тогда как пластичность и вязкость изменяется в той же зависимости.

При предельном для данной марки стали углероде (0,08 %) с увеличением содержания ниобия предел прочности увеличивается незначительно, тогда, как предел текучести возрастает значительно сильнее. Пластичность интенсивно снижается с повышением содержания ниобия, как и в предыдущих случаях. Та же закономерность наблюдается и в изменении вязкости, то есть максимального значения она достигает при 0,05 – 0,06 % ниобия, затем начинает уменьшаться.

Исследование влияния температуры конца прокатки (850,800,750 °С) на механические свойства исследуемых сталей показывает (рис. 1), что изменение температуры конца деформации в гораздо большей степени сказывается на пластических и вязких свойствах, чем на прочностных. Понижение температуры конца прокатки изменяет распределение и частично морфологию карбонитридных фаз, они становятся дисперснее и равномернее распределенными по ферритному полю, что, по-видимому, способствует повышению пластичности и вязкости стали [3, 4].

Анализ экспериментальных данных показывает, что повышение содержания углерода приводит к увеличению предела текучести и прочности стали не содержащей ниобий. При этом, как показали исследования микроструктуры, наблюдается измельчение ферритного зерна. Последнее должно было бы, привести к повышению вязкости стали, однако этому противодействует увеличение количества перлита, ухудшающего эти свойства.

Наибольшее внимание при контролируемой прокатке уделяется деформации в последних трех проходах, когда при горячей обработке проходят процессы структурообразования. Они оказывают решающее влияние на механические свойства готовой продукции. Однако не менее важно сохранить достаточно мелкое зерно после черновой прокатки, которое при медленном охлаждении до температур чистовой прокатки может увеличиться за счет собирательной рекристаллизации в два раза [5, 6].

Таким образом, ускоренное охлаждение после черновой прокатки и понижение температуры конца чистовой прокатки должно приводить к измельчению ферритного зерна и оптимизации комплекса механических свойств.

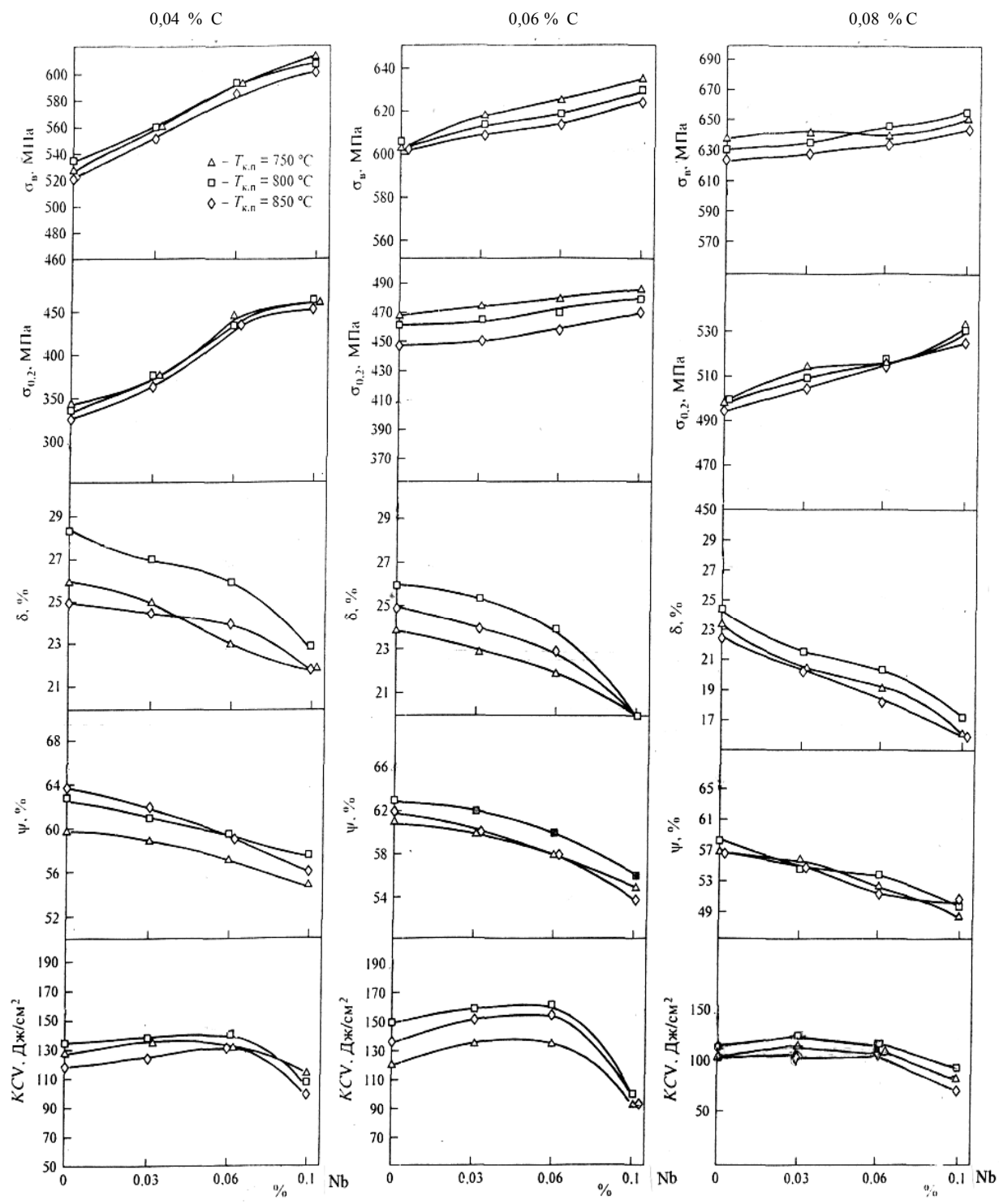


Рис. 1 – Механические характеристики исследуемой стали в зависимости от содержания углерода, ниобия и температуры конца прокатки (850, 800, 750 °C)

### *Выводы*

1. Как показали результаты исследования для стали 06Г2Б категории прочности 440 МПа, оптимальным является содержание ниобия в пределах 0,03 – 0,05 % при содержании углерода 0,04 – 0,06 %.
2. Для обеспечения в сталях этой категории заданного комплекса механических свойств температура конца прокатки должна быть 750 °С.
3. Промышленная прокатка стали 06Г2Б-440 по предложенным режимам, обеспечила достаточную стабильность требуемых стандартом механических свойств.

### *Перечень ссылок*

1. *Эфрон М.И.* Микролегирование и термомеханическая обработка малоуглеродистых сталей массового назначения / *М.И. Эфрон, Д.А. Литвиненко* // *Сталь*. №5. – 1992. – С. 60 – 64.
2. *Хулка К.* Взаимосвязь между микролегированием, обработкой и свойствами листовой трубной стали / *К. Хулка* // Доклады международной научно-технической конференции «Азовсталь 2002». – М.: Металлургиздат, 2004. – С.43 – 47.
3. *Танако Т.* Регулируемая прокатка, как средство повышения механических свойств проката / *Т. Танако*. — М.: Черметинформация, 1978. — 20 с.
4. *Погоржельский В.И.* Контролируемая прокатка. / *В.И. Погоржельский, Д.А. Литвиненко, В.И. Матросов*. — М.: Металлургия, 1979. — 184 с.
5. *Шебаниц Э.Н.* Совершенствование температурного режима контролируемой прокатки штрипсовых сталей с целью стабилизации их микроструктуры и механических свойств / *Э.Н. Шебаниц, В.В. Климанчук, В.М. Хлестов, А.В. Мурашкин, А.С. Рубец* // *Металл и литье Украины*. – 2007. – №1-2. – С.50-55.
6. *Хлестов В.М.* Превращение деформированного аустенита в стали / *В.М. Хлестов, Г.К. Дорошко*. – Мариуполь: ПГТУ, 2002. – 407 с.

Рецензент: Ф.К. Ткаченко  
д-р техн. наук, проф., ПГТУ

Статья поступила 15.02.2008