

V Научно-техническая конференция молодых специалистов

**«ЭНЕРГОМАШСПЕЦСТАЛЬ – 2013»**

*г. Краматорск, 22-24 мая 2013 года*



**ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫЙ ПЕРЕПЛАВ СТАЛИ 22К  
ПОД РАЗЛИЧНЫМИ ФЛЮСАМИ**

**Ратиев С.Н., Леоха Ф.Л., Грицюк А.А.**

**ДонНТУ, каф. «Электрометаллургия»**

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

**Цель работы:** рафинирование стали 22К методом электрошлакового переплава (ЭШП) под различными флюсами.

**Объект исследования:** сталь 22К.

**Назначение и область применения:** Стали марок 22К и 22К-Ш по ТУ 302.02.092-90 используют при изготовлении деталей сосудов, работающих под давлением, деталей трубопроводов, продукции общего машиностроения и атомной энергетики.

**Требования:** высокие механические характеристики — прочность, пластичность, вязкость, твердость; стабильность структуры и механических характеристик при работе с высокими нагрузками и высокой температурой в течение длительного времени; высокая сопротивляемость воздействию агрессивных сред.

### Химический состав стали 22К (ГОСТ 5520-79)

Содержание основных элементов, %							
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,19-0,26	0,17-0,4	0,7-1,0	< 0,3	< 0,035	< 0,04	< 0,3	< 0,3



## КАМЕРНЫЙ ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫЙ ПЕРЕПЛАВ (КЭШП)

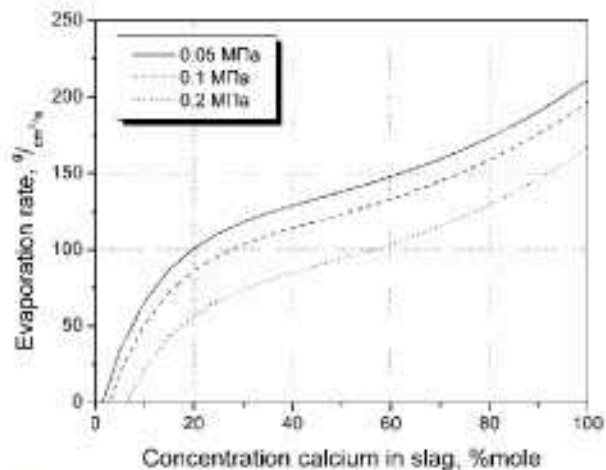
Основа КЭШП –  
“классический”  
ЭШП

Камера печи позволяет:

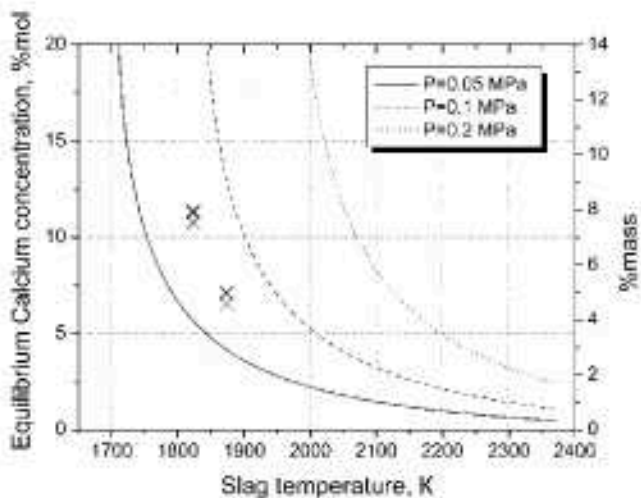
- использовать активные шлаки ( $\text{CaF}_2 - \text{Ca}$ );
- создавать вакуум;
- создавать любую контролируемую атмосферу ( $\text{Ar}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ );
- переплавлять высокорреакционные металлы ( $\text{Ti}$ ,  $\text{Zr}$ ,  $\text{Cr}$ , РЗМ).



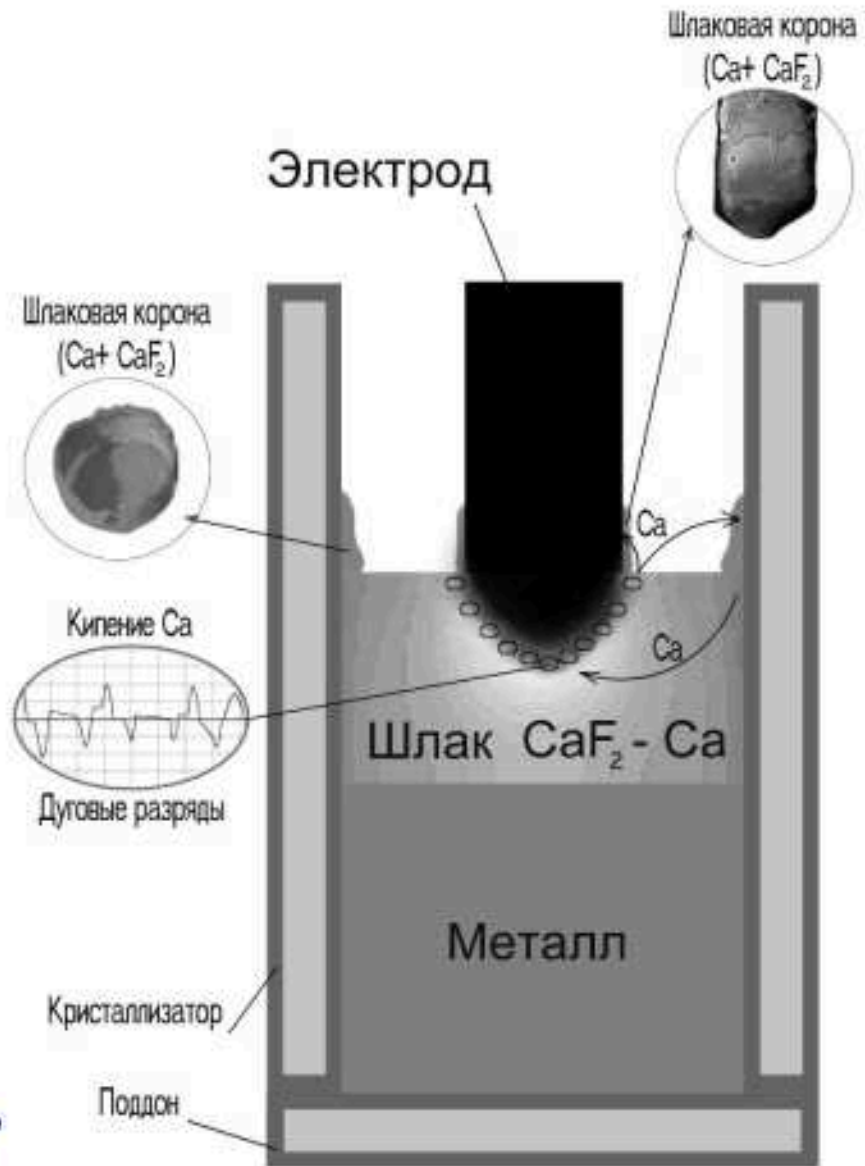
Наличие камеры, металлического кальция в шлаке и контролируемой атмосферы создают благоприятные условия для рафинирования, легирования и модифицирования металлов и сплавов в процессе переплава.



Скорость испарения металлического кальция из расплава  $CaF_2-Ca$



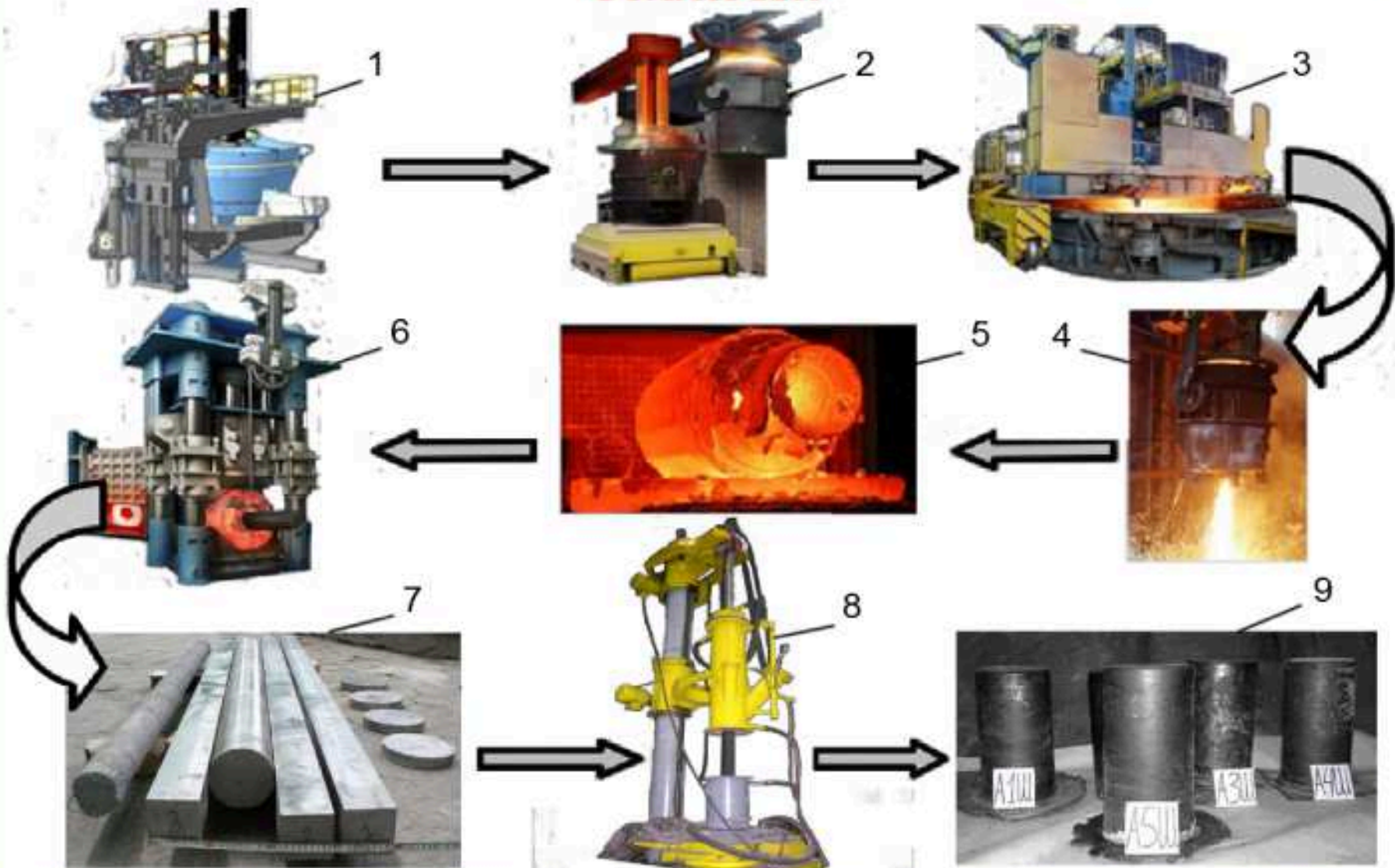
Зависимость предельной концентрации металлического кальция в шлаке  $CaF_2-Ca$  от температуры и давления





# ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПОЛУЧЕНИЯ СЛИТКОВ ЭШП ИЗ СТАЛИ 22К

5



1 – дуговая сталеплавильная печь, 2 – агрегат ковш-печь, 3 – вакууматор, 4 – разливка, 5 – слиток, 6 – кованно-прессовые операции, 7 – электроды и затравки для ЭШП, 8 – установка КЭШП, 9 – слитки ЭШП.

## ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Камерная печь ЭШП на базе  
установки У-578



Электроды, изготовленные из стали 22К



Химический состав применяемых флюсов, %овес

Флюс	CaF <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SiO	Ca
АНФ-1П	~95	—	5	<1	—
АНФ-6	основа	23-31	<8	<2,5	—
Экспериментальный (кальцийсодержащий)	96,5	—	—	—	3,5



## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### ПАРАМЕТРЫ ВЫПЛАВКИ СЛИТКОВ ЭШП

Номер плавки	Электрод: диаметр (сторона квадрата)/ длина, мм	Флюс	Атмосфера	Ток, кА	Напряжение, В	Диаметр/ Высота слитка (вместе с затравкой), мм
1	81/2660	АНФ-6 (6,5 кг)	Воздух	4,3	43	200/360
2	84,5/2108	АНФ-6 (6,8 кг)	Воздух	3,5	43	200/371
3	84,5/2105	АНФ-1 (6 кг)	Воздух	5,0	40	200/370
4	84,5/2104	6кг CaF <sub>2</sub> + 220 г Са	Аргон	5,0	40	200/365

## РЕЗУЛЬТАТЫ

## Слитки ЭШП из стали 22К



## Химический состав металла, %овес

Номер плавки	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
22К	0,23	0,38	0,88	0,010	0,004	0,15	0,22	0,05	0,16
1	0,23	0,32	0,87	0,009	0,002	0,15	0,22	0,05	0,16
2	0,22	0,37	0,86	0,010	0,002	0,15	0,22	0,05	0,16
3	0,20	0,30	0,79	0,009	0,002	0,14	0,21	0,05	0,15
4	0,21	0,30	0,79	0,009	0,002	0,14	0,21	0,05	0,15

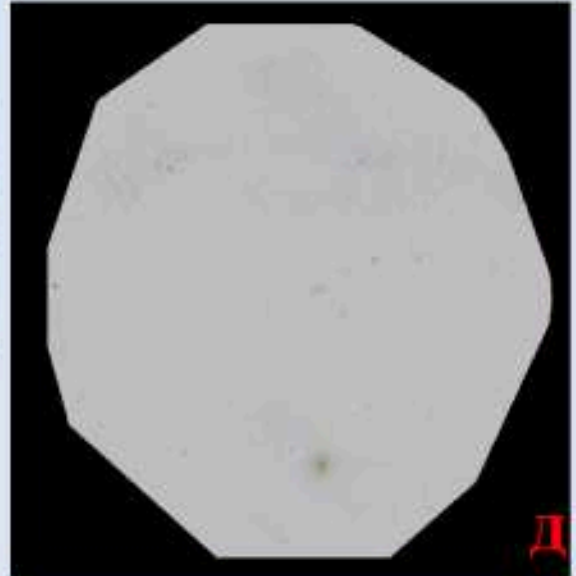
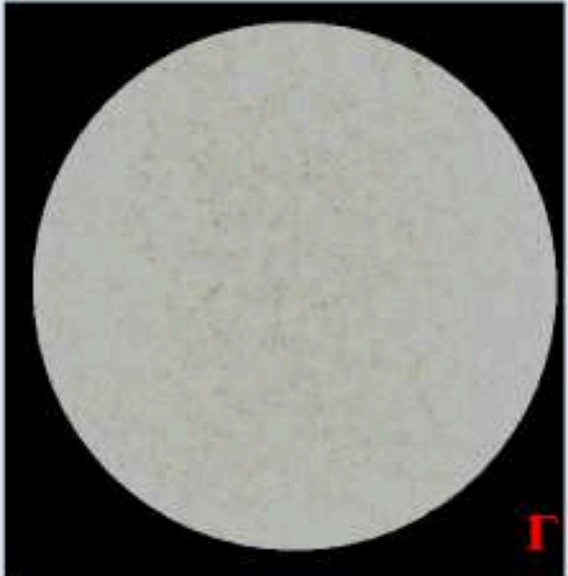
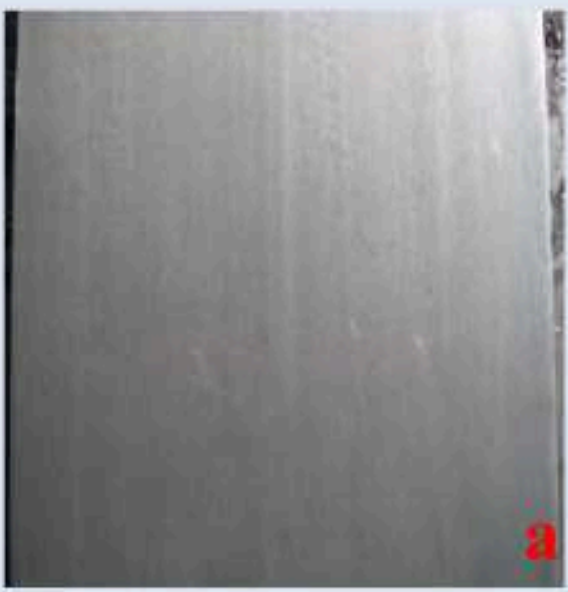


## РЕЗУЛЬТАТЫ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

### Количество и объемное содержание включений

№ Плавки - № шлифа	Содержание включений в объемных процентах	Количество включений на 125 полях зрения в шт.	Количество включений на площади 100мм <sup>2</sup>	Средний объемный % включений	Средний балл зерна
1 - 1	0,01626	93	674	0,0118	7,5
1 - 2	0,00729	65	471		
2 - 1	0,02536	86	623	0,0185	7,5
2 - 2	0,01164	48	348		
3 - 1	0,02124	107	775	0,0231	7,5
3 - 2	0,02496	94	681		
4 - 1	0,01173	43	312	0,009	6,5
4 - 2	0,00625	56	406		
22К №1	0,01531	95	688	0,0235	7,5
22К №2	0,03175	141	1022		

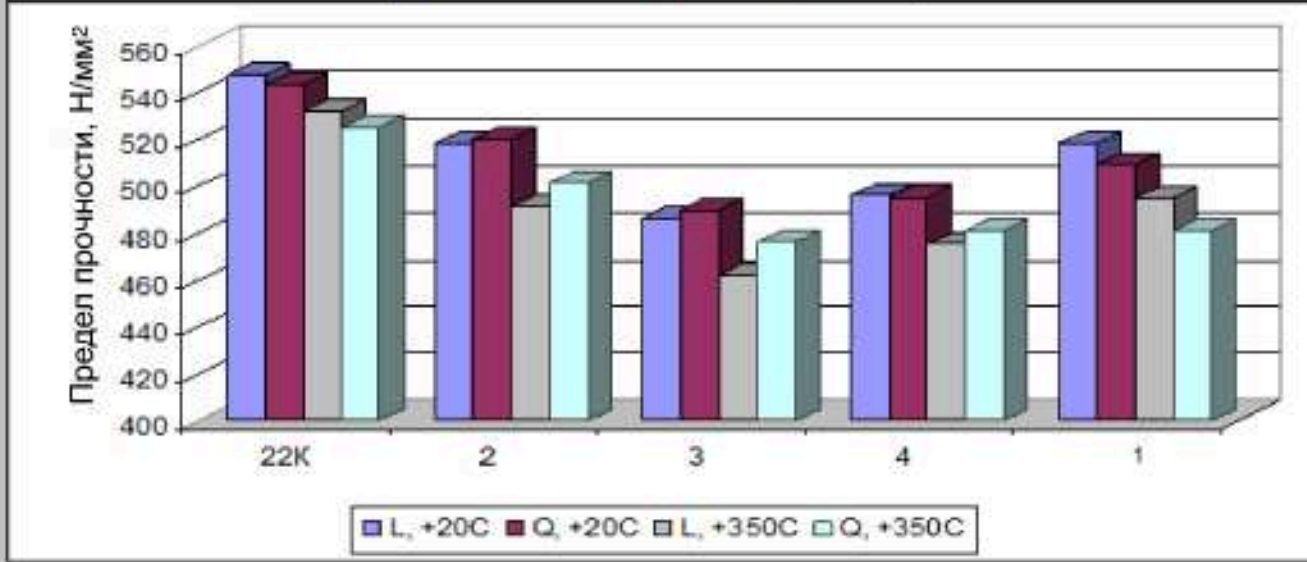
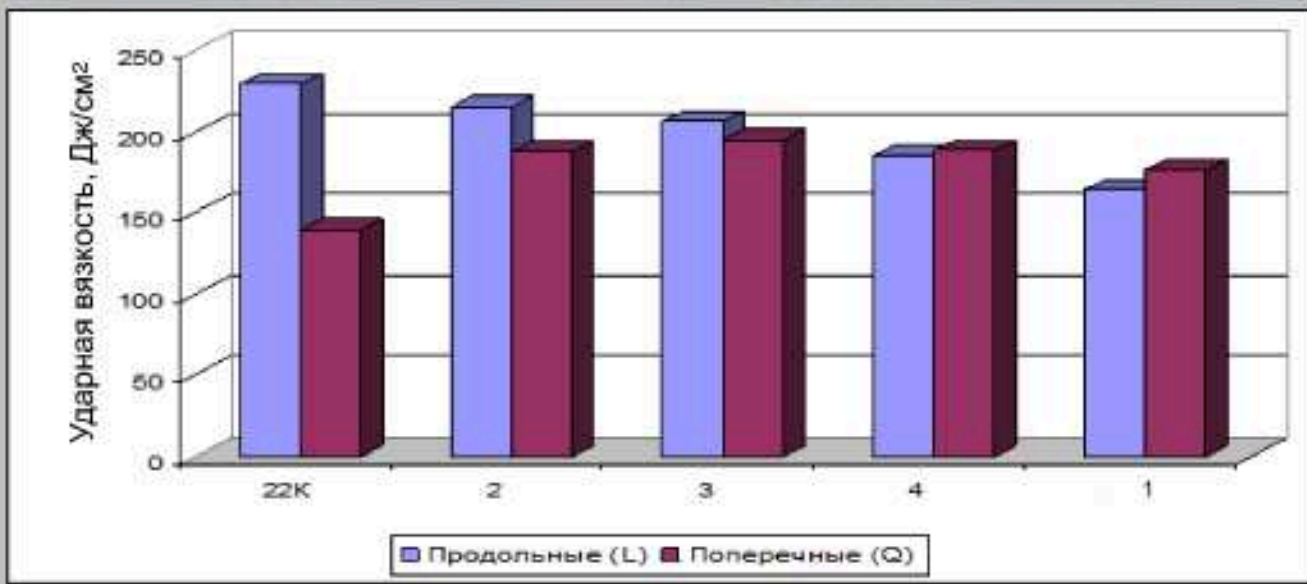
Площадь просмотренных 125 полей зрения  $S=13,7988\text{мм}^2$ .



а, б, в - фотографии структуры слитков ЭШП продольного сечения.  
Серные отпечатки: г – поперечного сечения прутка 22К; д – прутка 22К-Ш (Плавка №2).



# МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА



## ВЫВОДЫ

1) В результате электрошлакового переплава электродов из стали 22К под различными рафинирующими флюсами получены слитки с различным уровнем чистоты металла по неметаллическим включениям. Наибольшая чистота металла достигнута при использовании флюсовой системы  $\text{CaF}_2 + 3,5\% \text{Ca}$ . При использовании флюса АНФ-1 не отмечено существенного улучшения чистоты металла ЭШП.

2) Качество металла всех исследованных заготовок удовлетворяет требованиям ТУ 302.02.092-90 к чистоте металла по неметаллическим включениям. Наиболее общим типом включений являются точечные оксиды и недеформируемые силикаты, а также, в случае стали 22К, сульфиды. Наименьшее содержание и размер неметаллических включений в металле выплавленном при КЭШП под кальцийсодержащим флюсом.

3) Механические свойства исследованных сталей, за исключением единичного случая для стали плавки №3, соответствуют с требованиями ТУ302.02.092-90, КП 270, группа V. Металл выплавленный при КЭШП обладает наибольшей изотропией механических свойств.



*Спасибо за  
внимание*