

Исследование механических свойств стали с высокой удельной прочностью на основе системы Fe-Mn-Al-Si-C

Казакова А.А.

Студент, 2 курс магистратуры

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», кафедра металловедения цветных металлов, Москва, Россия

e-mail: kazakova.aa@misis.ru

Цель работы

Исследование и разработка новых сталей с высокой удельной прочностью на основе системы Fe-Mn-Al-Si-C

Задачи:

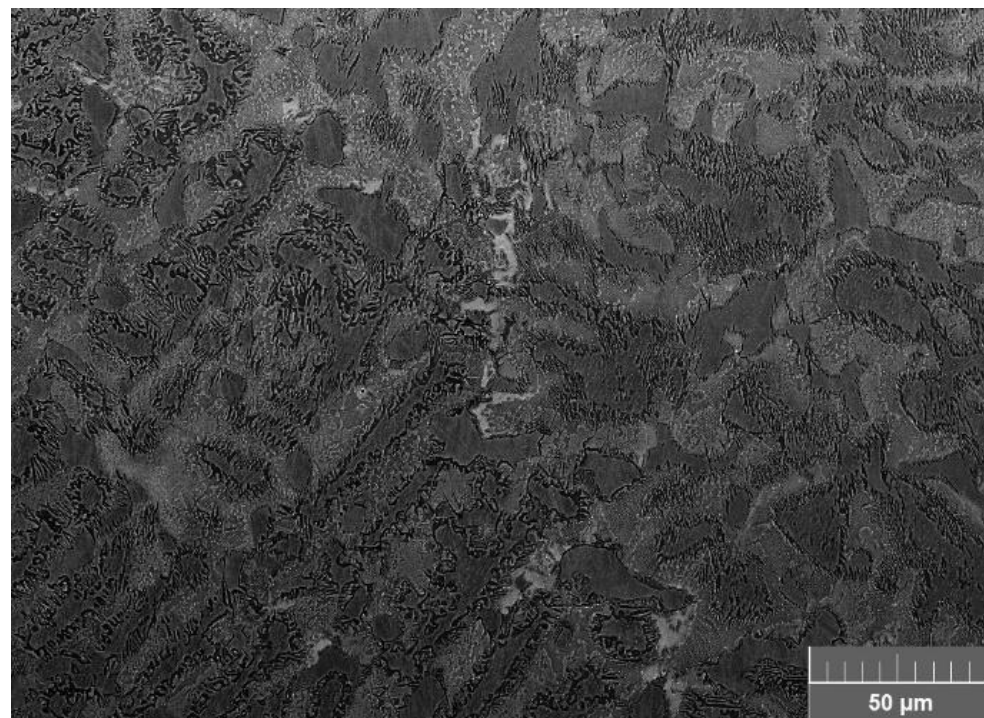
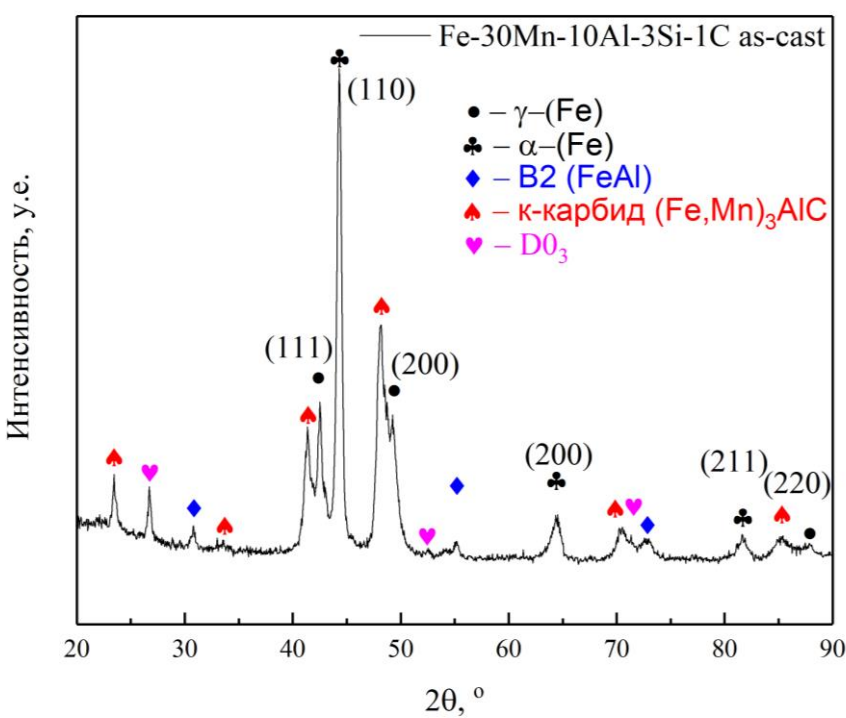
1. Исследование горячей пластической деформации стали Fe-30Mn-10Al-3Si-1C
2. Изучение влияния режима горячей деформации на микроструктуру
3. Изучение механических свойств в литом, закаленном и состаренном состоянии.
4. Исследование влияния условий горячей деформации на механические свойства сталей

Объект исследования:

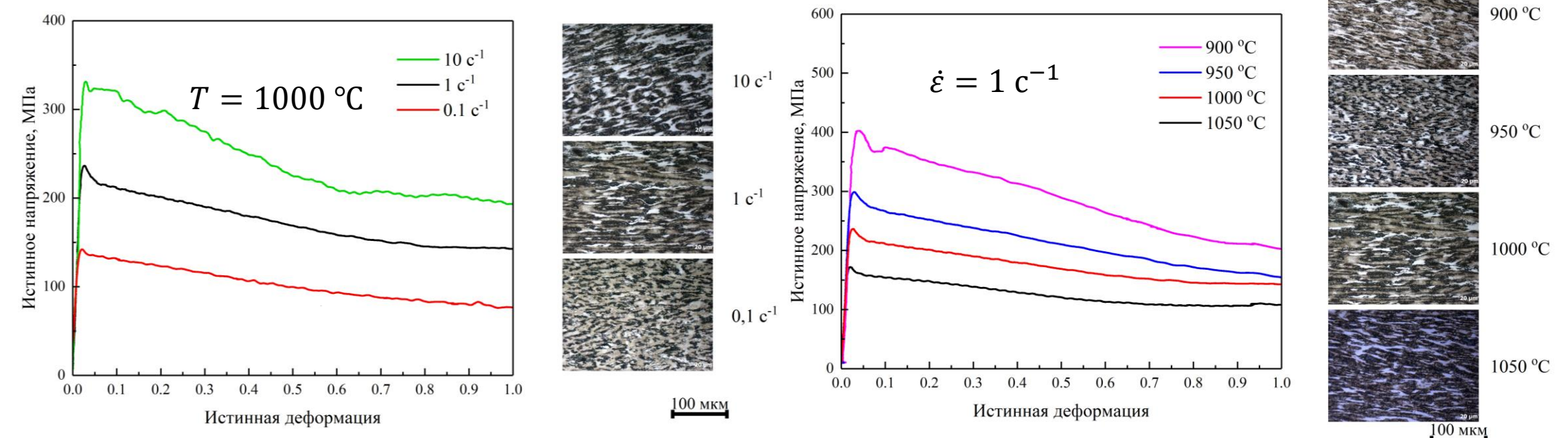
В качестве объекта исследования была выбрана сталь Fe-30Mn-10Al-3Si-1C. Слиток диаметром 50 мм длиной 150 мм и массой 3,5 кг был получен из шихтовых материалов технической чистоты методом индукционной плавки.

Химический состав исследуемой стали

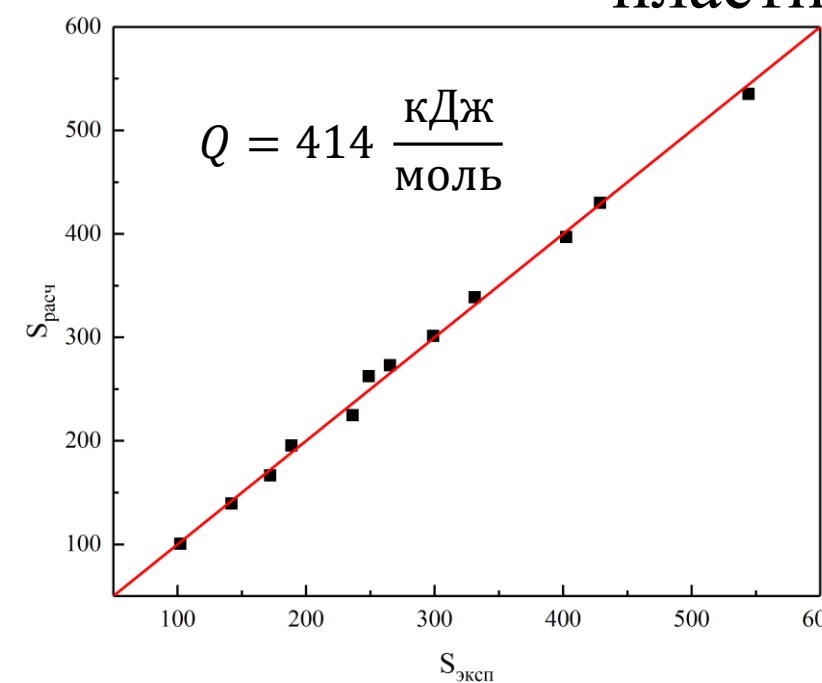
Сталь	Mn	Al	C	Si	Fe
Fe-30Mn-10Al-1C-3Si	30	10	1	3	Ост.



Исследование поведения стали при горячей пластической деформации



Определение эффективной энергии активации горячей пластической деформации

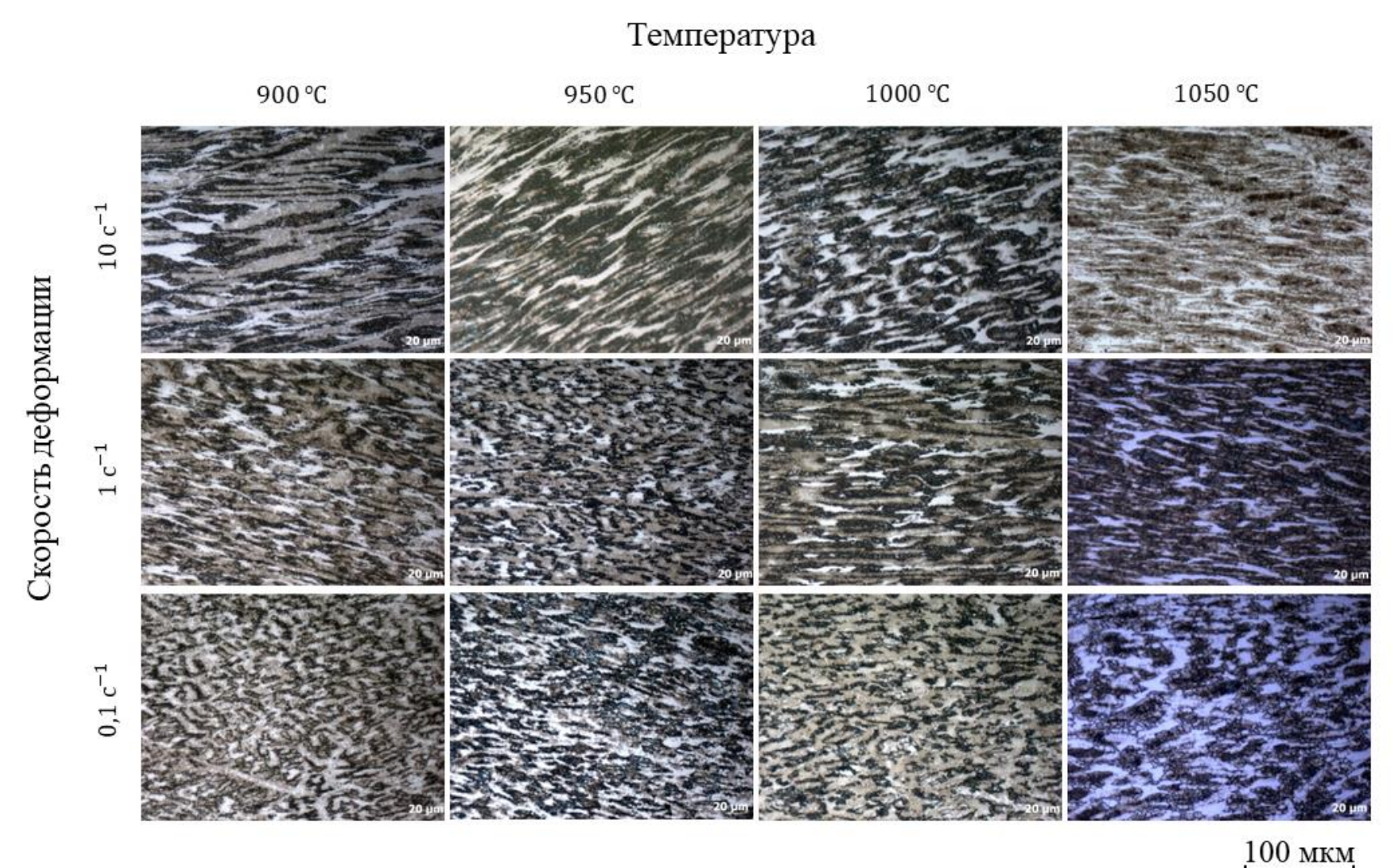


Параметр Зенера-Холломона

$$Z = \dot{\epsilon} e^{\frac{Q}{RT}}$$

$$Z = A_3 [\sinh(\alpha\sigma)]^{n_2}$$

Сталь	Эффективная энергия активации
Fe-28Mn-8Al-1C	385 $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$
Fe-35Mn-10Al-1C	432 $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$
Fe-25Mn-10Al-1,5C-0.053Nb	513 $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$



Состояние	Предел текучести, МПа	Истинный предел прочности, МПа	Укорочение до разрушения, %	Удельная прочность, $\sigma_{0,2}/\rho$, $10^3 \text{ м}^2/\text{с}^2$	HV 0,5	Режим горячей пластической деформации	Предел текучести, МПа	Истинный предел прочности, МПа	Укорочение до разрушения, %	Удельная прочность, $\sigma_{0,2}/\rho$, $10^3 \text{ м}^2/\text{с}^2$	HV 0,5
Закалка с 1000 °C	1240	1620	5	191	530 ± 16	1000 °C – 1 с ⁻¹	1510	2100	13	233	543±10
Закалка с 1000 °C + старение при 650 °C в течение 30 минут	1310	1810	8	202	550 ± 17	950 °C – 0,1 с ⁻¹	1400	2060	16	216	526±8

Выводы

- Изучены микроструктура и фазовый состав стали Fe-30Mn-10Al-3Si-1C в литом состоянии, показано, что после литья в стали присутствуют аустенит, феррит, κ-карбиды и упорядоченные B2 и D0₃ фазы.
- Методом дифференциальной сканирующей калориметрии была определена температура начала плавления стали 1149 °C, исходя из которой были выбраны температуры горячей деформации.
- Проведены испытания на горячее сжатие в интервале температур 900-1050 °C и скоростей 0,1-10 с⁻¹. Построены модели поведения стали Fe-30Mn-10Al-3Si-1C и эволюции микроструктуры при горячей пластической деформации. Показано, что эффективная энергия активации стали имеет значения ниже, чем у сталей близкого состава, не содержащих кремний.
- Микроструктура горячедеформированных образцов исследована методами оптической микроскопии и EBSD-анализа, показано, что при высоких степенях деформации и низких температурах присутствуют вытянутые зерна феррита, появляющиеся вследствие его большей чем у аустенита склонности к разупрочнению. Структура после горячей деформации при температурах 1000 и 1050 °C частично рекристаллизована, в основном рекристаллизовывался аустенит, скорость деформации не оказала сильного влияния на размер рекристаллизованного аустенитного зерна.
- Твердость стали составила 500-580 HV, причем максимальные значения достигались после старения и горячей деформации при высоких скоростях и низких температурах. Испытания на сжатие показали увеличение прочности и пластичности после горячей деформации. Показано, что удельная прочность составила 216 000 – 233 000 м²/с², что на 50 % больше, чем у разработанных к настоящему времени высокопрочных сталей, применяемых в автомобилестроении. При этом существует возможность увеличения прочности за счет холодной пластической деформации.