

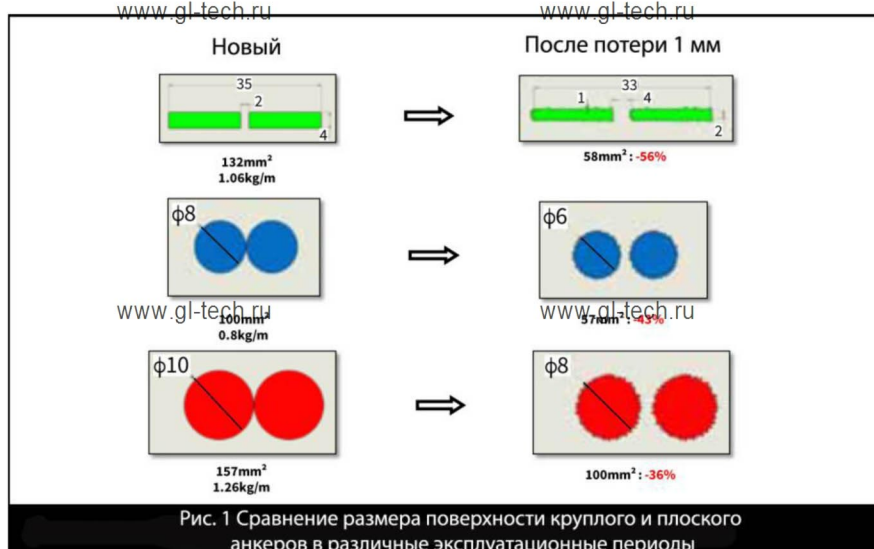
Высококачественные жаростойкие анкера, опыт компании IRIS

Всего десять лет назад, роль огнеупорных анкеров была недооценена, но более частое использование альтернативных видов топлива привело к росту требований по качеству анкеров, в частности в цементной промышленности. В настоящее время анкера играют одну из ключевых ролей в случае потери рабочих характеристик огнеупорной футеровки, формы и технологии производства анкеров стремительно развиваются.

автор: Томас Фебвин, IRIS, Франция

перевод: ООО "Глобалтек", ООО "Глобал Логистик"; www.gl-tech.ru

Рост использования альтернативного топлива привел к изменению технических требований во многих процессах производства цемента, которые повлияли на различные узлы производственного процесса. Огнеупорные материалы испытывают новые виды нагрузок, включая новые требования по устойчивости к весьма специфическим химическим средам в охладителях, прекальцинаторах, декарбонизаторах, дымовых камерах и на нижних уровнях башни подогревателя. При долгосрочной выдержки на высоких температурах, присутствие хлора и серы в различных состояниях вызывает повреждения керамики футеровки. Таким образом, многие производители огнеупорной футеровки разработали новые виды монолитных бетонов, имеющих повышенную стойкость к коррозии щелочных солей. В результате, на рынке появилось много материалов содержащих циркон, карбид кремния и определенное количество глинозема. В отношении огнеупорных анкеров не проводились новых исследований, которые бы позволили надежнее удерживать футеровку на стальной конструкции от агрессивных химических реакций.



В течение длительного времени анкер рассматривался как просто кусок стали и только с недавнего времени вопросы исследования характеристик жаростойких анкеров получил значительный интерес и ценность в исследовательской среде и в новых проектах инжиниринговых компаний.

Необходимо обеспечить выполнения определенных требований к жаростойким анкерам для снижения рисков связанных с потерей его механических свойств при работе в высокотемпературных агрессивных средах.

Оптимальный анкер должен быть выбран по форме, типу и способу его производства.

Таблица 1 Диапазон значений механических свойств изделий при комнатной температуре

Форма и состояние	Предел прочности		Предел текучести (0,2% смещения)		Удлинение (%)	Твердость (Rb)
	(kmi)	(MPa)	(kmi)	(MPa)		
Пруток						
Горячекатанный	85-120	585-825	35-100	240-690	60-15	65-95
Закаленный	80-115	550-790	30-60	205-415	40-10	60-80
Полоса						
Закаленный	80-100	550-690	30-45	205-310	65-45	60-75
Лист						
Холоднокатанный	115-190	790-1310	100-175	690-1205	20-2	-
Закаленный	85-100	585-690	30-50	205-345	55-35	65-80
Лента						
Холоднокатанный	115-190	790-1310	100-175	690-1205	20-2	-
Закаленный	85-100	585-690	30-50	205-345	55-35	65-80
Труба						
Холоднотянутый						
Закаленный	80-110	550-760	30-60	205-415	65-35	70-95
Пруток						
Холоднотянутый	120-205	825-1415	100-195	690-1345	20-3	-
Закаленный	90-115	620-790	35-70	240-480	45-35	-
Все формы						
Заказной процесс	75-110	515-760	25-55	160-380	75-40	55-95

*Values shown are composites for various product sizes and therefore are not suitable for specifications.

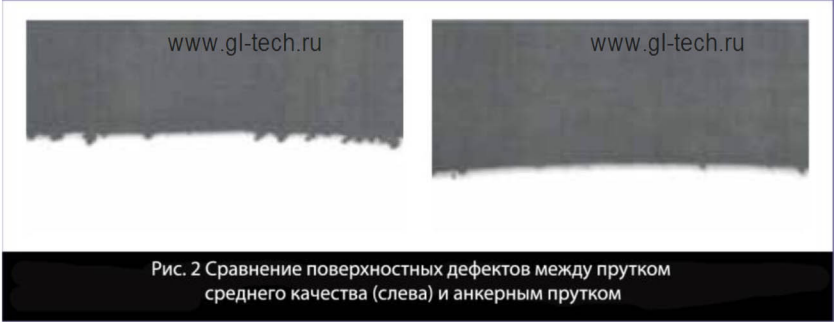


Рис. 2 Сравнение поверхностных дефектов между прутком среднего качества (слева) и анкерным прутком

Альтернатива выбора между круглым и плоским анкером

Плоские анкеры имеют низкую цену, их просто изготовить, производятся многими фирмами. Тем не менее плоские анкеры имеют ряд недостатков и расцениваются некоторыми Заказчиками как неприемлемые для использования.

Внутренние механические свойства плоского анкера напрямую влияют на срок его службы. Коррозия будет оказывать влияние на микроструктуру стали и будет негативно влиять на его мех. свойства, что приводит к частичному или полному его разрушению. Необходимо выбирать продукт, который сохранит свои механические свойства в течение максимально длительного срока службы в условиях интенсивных физических и химических нагрузок .

“Необходимо подобрать такой анкер, который сохранит свои механические свойства в течение максимально длительного срока службы в условиях интенсивных физических и химических нагрузок”.

Плоские анкера имеют худшие показатели по сохранению формы (сечения) анкера, как одной из ключевых характеристик прочностных изменений. На Рис. 1 показано сравнение номинальных сечений для оценки изменений относительной прочности при растяжении. Типовой плоский анкер сечением 35*4 мм имеет большую площадь сечения, чем стандартный круглый 8 мм анкер. Однако при коррозионной потере рабочей толщины в сложившихся условиях всего на 1 мм, площадь сечения снижается.

Так называемое механическое преимущество плоского анкера становится его слабой стороной. Круглый анкер, благодаря форме, будет сохранять свою форму и механическую прочность на растяжение лучше.

Табл. 1 показывает номинальную разность между плоским и круглым холоднокатаным

анкером из никелевого сплава Inconel 601. Т.е. в высокотемпературных коррозионных средах, в которых свойственны быстрые потери размера и веса анкеров, использование плоских анкеров не является оптимальным.

Выбор типа сплава

После выбора типа анкера необходимо провести анализ ряда существенных требований к будущему изделию. Выбор типа исходного сырья для производства анкера очевидно имеет решающее значение, т.к. надежность и постоянное качество имеют важное для стабильности работы анкера в течение всего срока эксплуатации.

Выбор сплава имеет первостепенное значение, особенно в условиях коррозии. С тех пор, как производители начали использовать альтернативные источники сырья в производстве цемента, компания Iris начала исследования по оптимальному выбору сплава для специфических задач. В табл. 2 приведено сравнение различных типов нержавеющей сталей и их коррозионной стойкости при реакции с компонентами серы.

Нержавеющие стали AISI 309 и 310 часто используются для производства анкеров в футеровках цементных заводов. Указанные марки сталей содержат в своем составе хром, который создает защитный, коррозионно-стойкий и пассивный слой хрома. Никелевая составляющая стали позволяет успешно сохранять механические свойства изделия даже при высоких рабочих температурах.

Однако в рабочих средах с высоким содержанием хлора или серы указанные марки стали не будут оптимальными. Высокая доля никеля в сплаве (без спецдобавок в сплав) делает сталь высокочувствительной к сульфидированию (сочетание серы с никелем) и хлором, в любом случае является крайне агрессивным для данных сталей.

Это привело к разработке новых сплавов со специальными добавками. Дополнительное сопротивление коррозии обеспечивается редкоземельными материалами (церий, лантан),

Таблица 2: Коррозия нерж. стали в паре серной кислоты при 571 С	
Тип AISI	Скорость коррозии на основе теста 1295ч (мпу)
314	16.9
310	18.9
309	22.3
304	27.0
302b	29.8
316	31.1
321	54.8

а также кремнием, алюминием, азотом и молибденом как наиболее распространенным.

В литературе указаны два различных вида сплавов: аустенитная нержавеющая сталь (например, AISI 308) и никелевый сплав (например, Inconel 800H).

В среде цементных заводов первый микросплав ставший коммерческим, сплав 253МА (см. Таблицу 3 с его химсоставом) показал свои преимущества. Данный вид стали обладает благоприятными характеристиками по сравнению со сталями марок 310S и 309. В табл. 4 показаны сравнения потери веса между этими сталями.

Благодаря кремнию (который также может быть найден в сплаве AISI 314, церию и азоту), сталь 253МА успешно использовалась на цементных заводах в течение многих лет. Основные глобальные подрядчики и производители огнеупоров в цементной промышленности предпочитают использование таких сплавов в случае работы в таких условиях эксплуатации. Французская компания Prevel, специалист по ремонту цементных заводов и компания Herpha, производитель монолитных футеровок, успешно используют новые стали в проектах подобного рода с положительными результатами.

Таблица 3: Химсостав нерж. стали 253 MA	
Chemical element	Содержание, %
C	0.08
Si	1.6
Mn	≤0.8
P	≤0.040
C	≤0.030
Cr	21
Ni	11
N	0.17
Ce*	0.08

Таблица 4: Сопротивление коррозии стали 253MA по сравнению со нерж. сталями 310S и 309

Тип стали	Время воздействия (h)	Мех. сопротивл. -Rm (MPa)	Удлинение - Z (%)
253MA	12	748	–
	48	649	14
310S	12	448	20
	48	428	21
309	12	506	61
	48	619	21

Недавний анализ проведенный исследовательским центром Ugitech, France по инициативе Iris, показал превосходные результаты сопротивления коррозии серы и солей хлора по сравнению с традиционно используемыми анкерами из сталей 310S и 309 (см. Табл. 4). Анализ мех. характеристик после воздействия агрессивных сред обеспечивает хорошую предварительную оценку результата коррозии на сплаве. Тем не менее, каждый завод имеет свои собственные условия работы и другой вид сплава может показать лучшие результаты. Окончательный выбор марки сплава должен быть сделан после дополнительных исследований.

Круглый анкер и холоднокатаный круглый анкер с ЧПУ гибкой.

Технология производства является также важным фактором, обеспечивающим длительный срок службы жаростойких анкеров. Производственный процесс формовки анкеров влияет на механические и химические характеристики анкеров, т.к. структура стали заготовки анкера зависит от технологии производства прутка – литая сталь, холоднокатаная или отожженная сталь.

Наилучшие результаты обеспечиваются при использовании холоднокатаного обожженного прутка. Однородный, точный, стабильный и пластичный – это прутки получаемый с помощью холоднокатаного процесса, который позволяет сформировать стальной продукт с соответствующими свойствами.

Необходимый производств. процесс позволяет производить контроль состояния поверхности и обеспечить постоянный номинальный диаметр прутка, указанные параметры являются критическими в формировании срока службы анкера.

Поверхностный контроль дефектов прутка является базовым требованием для обеспечения отсутствия микротрещин и снижения коэффициента коррозии в терминах ее глубины и скорости (см. Рис. 1 и 2).

Для сравнения представлен типовой прутки из катанки, который имеет плохую устойчивость к коррозии и низкие показатели механической прочности (350MPa по сравнению с до 750MPa для холоднокатаного прутка). Холоднокатаный прутки должен быть формован для получения готового анкера одним из трех возможных вариантов: в ручную с помощью пресса или с помощью роботизированной машины (гибочного станка с чпу).

Цель операции: сохранить целостность прутка, сохранить полученные характеристики не тронутыми и избежать повреждений перед использованием. Ручная формовка или формовка с помощью пресса являются бюджетным решением задачи, но данные способы могут существенно изменить характеристики прутка.

На Рис. 3 показана разница между результатами гибки прутка на прессе и гибочном станке с чпу. Используя гибку с помощью пресса практически невозможно получить изогнутый прутки без микротрещин. Давление на поверхности стального прутка настолько высокое, что трещины на поверхности имеют макро/микро масштаб.



Эти трещины могут уменьшить коррозионную стойкость на 20% (см Рис. 4). В результате в нижней зоне прекальцинатора или в зоне охлаждения часто наблюдается зона разлома в первой точке перегиба. Кроме того, будет отмечено снижение диаметра на изгиб, таким образом локально снижаются мех. свойства.

Выводы

Производители цемента сталкиваются с новыми вызовами при возможном использовании альтернативных видов топлива в производстве, тем не менее видоизменение технологических процессов не должно приводить к снижению конкурентоспособности, что означает запуск эффективных производственных линий. Эффективность производства цемента зависит частично от надежности установленных огнеупорных материалов и предотвращении проблем выхода из строя футеровки. Обеспечение эффективности таким образом связано не только с качеством слоя футеровки, но и также с качеством жаростойких анкеров, поскольку анкера и футеровка вместе связаны с точки зрения срока службы футеровки. Управление качеством выбора оптимальных анкеров с точки зрения исходного сырья, оптимального сплава, типа и производственного процесса производства анкеров являются ключевыми требованиями в предотвращении процессов снижения срока эксплуатации огнеупорной футеровки.