

Extreme conditions set material safety and operational challenges

Some of the most inhospitable locations in the world present unimaginable challenges not only for humans, but just as significantly for materials, as Johanna Haapasalmi of Ovako, explains

Prior to Charpy testing steels are placed in the 'Freeze Box' and taken to temperatures as low as -101°C.

Экстремальные условия диктуют свои требования к материалам и оборудованию

В некоторых местах нашей планеты условия окружающей среды суровы не только для людей, но и для материалов и оборудования, рассказывает Йоханна Хаапасалми из компании Ovako

Installations in such environments need careful consideration regarding materials used when temperatures are regularly below -40°C within the Arctic Circle and Siberia. Critical pipelines, wind turbines, power plants, oil and gas exploration and production, LNG plants and mining, even shipping, are exposed to these extreme conditions.

A number of relevant international standards refer to the use of materials in sub-zero applications, such as ISO, EN, API, ASTM, DIN, DNV and JIS. Use of the correct steel is imperative given the sub-zero temperatures. Exhaustive and thorough risk assessments have to be conducted to ensure sound operational capability of the steel components and equipment in which they are being used.

Understanding the effects of sub-zero temperatures on steel is imperative for the safe operation not only of equipment, but also for personnel.

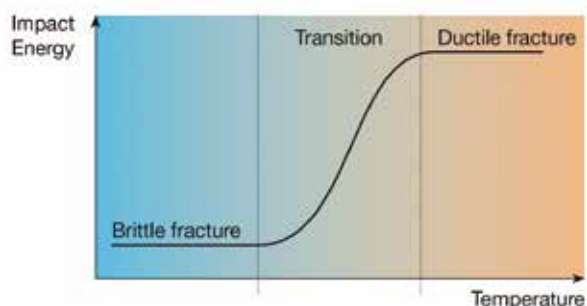
Steels undergo a sudden transition from ductile behaviour at high temperatures

Оборудование, работающее в Сибири и за полярным кругом, где температура часто падает ниже -40°C , должно быть выполнено из специальных материалов. В экстремальных условиях часто работают магистральные трубопроводы, ветряные турбины, электростанции, нефтегазовые платформы, установки СПГ, шахты и даже морские суда.

Требования к материалам, используемым при низких температурах, изложены в ряде международных стандартов: ISO, EN, API, ASTM, DIN, DNV и JIS. При температуре ниже нуля важно использовать правильные марки стали. Чтобы убедиться в надежности стальных элементов и оборудования, в котором они используются, нужно проводить комплексные проверки и оценки рисков.

Необходимо хорошо знать, как низкие температуры воздействуют





Ductile to brittle transition temperature of steel is dependent on the composition of the material grade.

to brittle cleavage failure at lower temperatures, Figure 1. As a load is applied in certain steel grades this can manifest as a sudden and unexplained fracture which can have disastrous effects.

Complete control over the manufacturing process from raw material selection through to precision of the melt cycle ensures the correct properties. In Ovako's case secondary metallurgy uses a proprietary technique critical in controlling the final chemical composition, concentration of non-metallic inclusions, grain size and impurity levels of the steel.

Decades of research allow the determination of the position, type and size of failures. This data facilitates treatment and modification to produce engineering steels such as SZ-Steel®, which stands for sub-zero steel, Figure 2, and comprises a carefully selected range of steel grades. SZ-Steel retains its properties in temperatures down to -40°C and is well-tested to withstand temperatures down to -101°C.

This materials research and innovation was recognized with the presentation of an ATC Spotlight on Arctic Technology award at the OTC's Arctic Technology Conference in 2015.

Often overlooked is a material's ability to handle loads in all directions as standards mainly specify impact strength in the longitudinal direction. During the rolling process inclusions in conventional steel become elongated weakening the fatigue and impact properties. Components manufactured from such material can exhibit very different properties when handling transverse or longitudinal loads making conventional steel unsuitable for safety critical applications.

By reducing the number and size of inclusions in both longitudinal and transverse direction Ovako has overcome this with the introduction of IQ-Steel®. Combining the isotropic properties in IQ-Steel with SZ-Steel properties ensures a high level of strength in both the transverse and longitudinal directions. This is illustrated in Figure 3 where Ovako material grade 277L, with normal processing, is compared with the isotropic material grade Ovako 277Q which combines inclusion engineering. In the latter case, transverse comes close to longitudinal sampling giving the material greater strength.

на сталь. Это важно для безопасности не только оборудования, но и персонала.

При высоких температурах сталь пластична, однако при минусовой температуре сталь подвержена хрупкому раскалыванию (см. рис. 1). Если на элементы из определенных марок стали действует нагрузка, они могут внезапно расколоться, что может привести к катастрофическим последствиям.

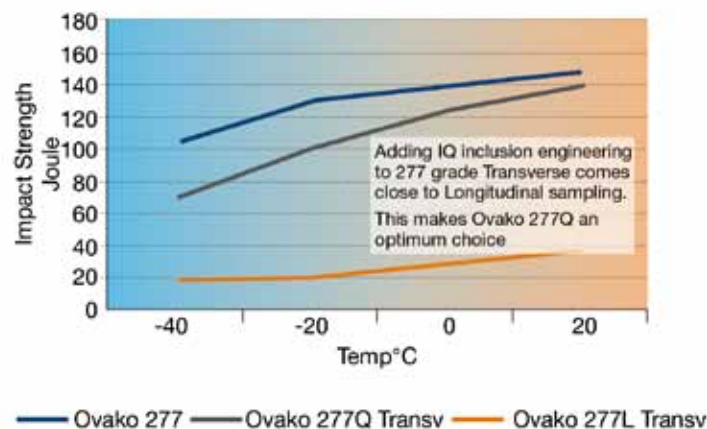
Чтобы избежать этого, необходимо полностью контролировать процесс производства стали: от выбора сырья до цикла плавки. В процессе плавки компания Ovako использует собственную технологию вторичной металлургии, контролируя окончательный химический состав, концентрацию неметаллических включений, гранулометрический состав и содержание примесей в стали.

Десятилетия исследований позволили компании определить положение, тип и размер слабых мест в стали. Эти данные позволяют компании эффективно производить тщательно отобранный ассортимент марок конструкционной стали SZ-Steel®, которые могут использоваться при температуре ниже нуля (см. рис. 2). Сталь SZ-Steel сохраняет свои свойства при температуре до -40°C. Множество испытаний также подтвердили способность стали выдерживать температуру до -101°C.

Исследования и инновации компании были отмечены наградой ATC Spotlight on Arctic Technology на конференции OTC по арктическим технологиям в 2015 году.

Способность стали выдерживать нагрузку во всех направлениях часто обходят вниманием, так как стандарты в основном регулируют ударную вязкость в продольном направлении. Во время прокатки включения в обычной стали становятся продолговатыми, что ослабляет сталь и снижает ее ударную вязкость. Компоненты, изготовленные из такой стали,

Comparisons between inclusion engineered steel Ovako 277Q and standard grade.



The SZ-Steel classification helps to reduce risks of embrittlement and fracturing, and also contributes in safeguarding the natural environment while improving safety for workers and service crews.

At Ovako Imatra, the 'Freeze Box' test facility is capable of achieving test temperatures as low as -101°C (-214°F).

Here the material undergoes a Charpy V-notch test to determine the energy absorbed during fracture at sub-zero temperatures. If the material breaks on the flat plane then the fracture is regarded as brittle while if it breaks with jagged edges or shear lips, then the fracture is considered to be ductile. Instrumented impact tests measure the total energy absorbed by the sample and the force absorbed through the cut. This allows us to understand when and why the fracture moves from tough/plastic to a brittle behaviour.



Typical applications where SZ-Steel material grades are being used.

могут по-разному реагировать на поперечную и продольную нагрузки, что делает обычную сталь непригодной для критически важного оборудования.

Компании Ovako удалось решить эту проблему, уменьшив количество и размер включений в продольном и поперечном направлении. В результате была разработана новая марка стали IQ-Steel®. Объединив изотропные свойства IQ-Steel и SZ-Steel можно получить сталь высокой прочности как в поперечном, так и в продольном направлении. Это показано на рисунке 3, где сталь марки 277L производства Ovako с нормальной обработкой сравнивается с изотропной сталью марки 277Q, изготовленной по новой технологии обработки включений. В последнем случае поперечная вязкость близка к продольной, что делает сталь более прочной.

Сталь SZ-Steel помогает снизить риски хрупкости и раскола, сохранить окружающую среду и обеспечить безопасность персонала и бригад техобслуживания.

На испытательном полигоне Ovako Imatra температура при заморозке стали может достигать -101°C (-214°F).

Здесь сталь проходит испытание V-образным надрезом по Шарпи для определения энергии, поглощаемой при расколе при минусовых температурах. Если края раскола плоские, это хрупкий раскол, если края раскола зубчатые, и присутствуют губы среза, то раскол считается пластичным. Испытания на ударную вязкость проводятся для измерения суммарной энергии, поглощаемой образцом, и силы, поглощаемой через надрез. Эти испытания позволяют нам понять, когда и почему раскол превращается из вязкого/пластичного в хрупкий.

Надежность, подтвержденная на практике

В течение многих лет компания Ovako поставляет арматуру, кольца и бесшовные трубы для производства широкого спектра продуктов для морской добычи нефти, которые должны выдерживать высокие нагрузки и усталость стали на суше и в открытом море в составе якорных цепей, крепежных болтов, подъемного оборудования и гидравлических компонентов.

Крепежные шпильки, болты и связанное с ними оборудование, такое как фланцы, валы роторов и корпуса насосов, а также оборудование для обслуживания и монтажа — для всего этого в арктическом регионе используется сталь SZ-Steel. Сталь Ovako SZ-Steel марки Imatra L7, которая используется для производства установочных шпилек трубопровода, проходит испытания при температуре до -101°C (рис. 5). Обычно минимальный предел текучести составляет 970 МПа, прочность на разрыв — 1085 МПа, а ударная прочность — 27 Дж. Сталь также может использоваться на открытых установках, где трубопровод проходит над поверхностью земли и фиксируется на сваях, чтобы избежать оседания, вызванного вечной мерзлотой и таянием льдов.

Application Area	Examples of Standards	Examples of suitable Ovako Grades		Typical data of Ovako Grades**				Sample Direction	Products	Max. Dia/wall (mm)
		Ovako Grade	Corresponding Standard*	Yield Strength	Tensile Strength	Impact Strength				
				MPa (min)	MPa (min)	Temp (C)	Joule (min)			
Oil & Gas	API 6A	OVAKO 326C	AISI 4140	600	740	-50	150	L	Bars, Tubes, Rolled rings	
	API 6D	OVAKO 281T	19MNV5	620	740	-40	115	L	Rolled rings	
	API 16A	OVAKO 322D	AISI 4130	620	730	-50	100	L	Bars, Tubes, Rolled rings	
	API 16C	OVAKO 322D or 322Q	AISI 4130	620	730	-50	100	L	Tubes	
Construction	EN ISO 898-1	Cromobolt	42CrMo6F	980	1100	-40	40	L	Bars	60
		ImacroM	5Cr16F	980	1100	-55	40	L	Bars	60
		SB27M12CB	27MnCrB5-2	1000	1070	-40	85	L	Bars	35
		SB30M12CB	30MnCrB5-2F	1030	1090	-40	65	L	Bars	42
		SB29M10CB		1050	1100	-40	55	L	Bars	50
	EN 10269	25CrMo4		460	650	-40	120	L	Bars	100
ASTM A320	Imatra L7		970	1085	-101	27	L	Bars	30	
Mobile cranes & Lifting devices	EN 13001-3-1	520M		400	520	-40	27	L	Bars	100
	EN 17115	23MnNiMoCr54	23MnNiMoCr5-4	1100	1200	-40	50	L	Bars	70
		Ovako 277L		660	800	-40	110	L	Bars, Tubes, Rolled rings	160
		Ovako 277Q		660	800	-40	90	T	Bars, Tubes, Rolled rings	120

* Designation followed by "F" is not a formal standard grade, but named according to the rates of EN10027.

** Typical data is not guaranteed.

Operationally proven

For many years Ovako has been supplying bar, ring and seamless tube to the offshore industry for manufacture into a wide range of products that have to endure high shock loads and fatigue on land, on the high seas and in the depths in mooring chains, fixing bolts, lifting equipment and hydraulic components.

Fixing studs, bolts and associated equipment, such as flanges, roto shafts and pump bodies as well as service and installation equipment in SZ-Steel grades are widely used throughout the Arctic region. Ovako SZ-Steel grade Imatra L7, used for pipe fixing stud bolts (Figure 5), is tested at temperatures down to -101°C. Typically, the material returns minimum figures for yield strength 970 MPa, tensile strength 1085 MPa and impact strength 27 Joules. It can also be used on exposed installations where a pipeline is raised above ground and fixed on piles to avoid subsidence, brought about by permafrost and melt conditions.

A range of applications, grades and data in Figure 6, shows where SZ-Steel brings superior performance for use in extreme environments.

Conclusion

When specifying material for use in sub-zero applications it is important to understand its limitations in sub-zero temperatures along with the prevailing climatic and operational conditions. A delicate balance between ductility and strength it is essential to deliver material with the right heat treatment and the right control over steel microstructure. Wrong heat treatment and the result is a hard material that could risk brittle fracture, too ductile a material and the high strength required might not be present. Low impurity levels and controlled grain size ensure the right material performance to meet the most demanding Arctic conditions.

На рисунке 6 показаны различные сферы применения, марки стали и эксплуатационные характеристики, свидетельствующие о том, что сталь SZ-Steel показывает высокую эффективность при эксплуатации в экстремальных условиях.

Заключение

При выборе стали для низких температур важно понимать существующие ограничения, а также преобладающие



For stud bolt material, SZ-Steel grade Imatra L7 is used, tested at -101°C.

климатические и эксплуатационные условия. Нужно найти тонкий баланс между прочностью и пластичностью, чтобы правильно обработать материал и обеспечить нужную микроструктуру стали. Неправильная термообработка может сделать сталь слишком твердой и подверженной хрупкому расколу или же слишком пластичной и недостаточно прочной. Низкий уровень примесей и контролируемый гранулометрический состав нашей стали позволяют использовать ее в самых сложных арктических условиях. ■

СНАЧАЛА МЫ ОХЛАЖДАЕМ СТАЛЬ ДО -101°C А ЗАТЕМ ПОДВЕРГАЕМ УДАРНОЙ НАГРУЗКЕ БОЛЬШОЙ СИЛЫ

Если Вы производите болты для арктических трубопроводов, гидравлические детали или подъемные устройства для использования при низких температурах, Вам нужна безопасная и надежная конструкционная сталь, ведь даже малейшие повреждения могут привести к растрескиванию или разрушению.

Именно поэтому мы разработали семейство высокопрочных сталей SZ-Steel®. Аббревиатура SZ (от англ. sub-zero — ниже нуля) означает, что эта сталь предназначена для работы в холодном климате и

сохраняет свою вязкость при температуре -40°C . Но эта температура не предел. Некоторые марки стали мы охлаждаем до -101°C и проводим испытания на ударную вязкость.

Неудивительно, что наши клиенты выбирают SZ-Steel при работе в холодном климате.

Подробнее узнать о наших **проверенных марках стали для работы в холодном климате** Вы можете на веб-сайте www.ovako.com

OVAKO

