Сварочные решения для

резервуаров хранения СПГ из 9%-ной никелевой стали



KISWEL

Резервуары хранения СПГ из 9%-ной никелевой стали

Высокоэффективные сварочные решения для 9%-ной никелевой стали — для транспортировки и хранения СПГ

Сжиженный природный газ (СПГ) — это бесцветная жидкость без запаха, которая образуется при охлаждении природного газа до -162 °C при атмосферном давлении. Объем природного газа при этом уменьшается приблизительно в 600 раз.
Благодаря высокой плотности хранения и энергоэффективности СПГ признан оптимальным чистым источником энергии для крупномасштабных трансграничных перевозок и долгосрочного хранения. Инвестиции в инфраструктуру наземных резервуаров для хранения СПГ стремительно растут по всему миру.
СПГ хранится при криогенных температурах около -165 °C. Поэтому конструкционные материалы и сварные соединения внутри резервуаров должны обладать исключительной вязкостью и выдерживать температуры до -196 °C без образования трещин. Для выполнения этих требований внутренний резервуар обычно изготавливается из 9%-ной никелевой легированной стали, и сварочные материалы также должны обеспечивать сопоставимый уровень криогенной ударной вязкости и стойкости к трещинообразованию.
Объединив исследовательский потенциал с мировым лидером черной металлургии, компанией POSCO, KISWEL представила комплексное решение с пакетной поставкой «сталь + сварочные материалы», оптимизированное для строительства резервуаров хранения СПГ из 9%-ной никелевой стали.

Эксплуатационные характеристики сварочных материалов KISWEL подтверждены строгими квалификационными испытаниями и успешным опытом применения на международных проектах. Они используются не только для резервуаров хранения СПГ, но и при строительстве инфраструктуры для перспективной «зеленой» энергетики: криогенных трубопроводов, установок сжижения/регазификации и систем хранения жидкого диоксида углерода (LCO_2). Компания KISWEL предлагает клиентам высокоэффективные решения, обеспечивающие стабильное качество сварных соединений, повышенную производительность и экономическую эффективность строительства.



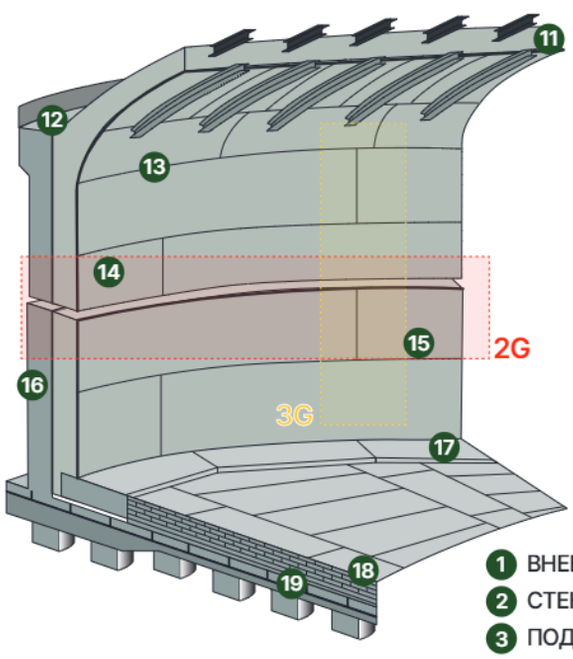
Резервуары хранения СПГ из 9%-ной никелевой стали

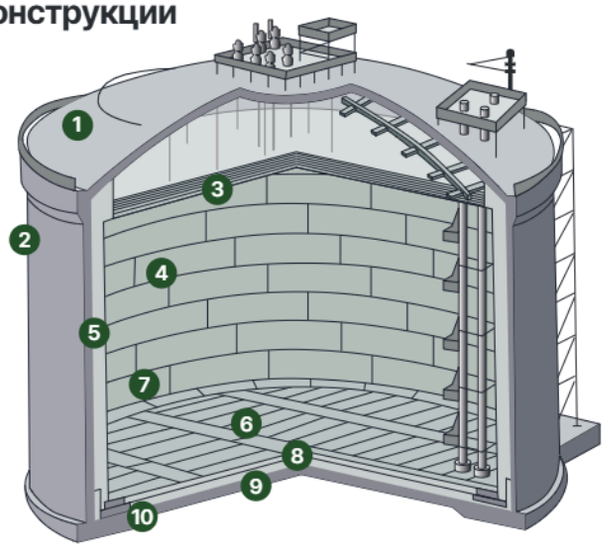
Каталог продукции KISWEL

- Первые в Корее сварочные материалы для СПГ, сертифицированные государственной корпорацией KOGAS.
- Совместная разработка с компанией POSCO: оптимизированное комплексное решение для 9%-ной никелевой стали, соответствующее высшему (классу A) классу сейсмостойкости.
- Сварочные материалы, широко применяемые при строительстве резервуаров для хранения СПГ в Южной Корее.
- Подтвержденная стойкость к распространению трещин по результатам испытания на растяжение с поперечным надрезом (CWNT).
- Обеспечение хладостойкости (ударной вязкости при криогенных температурах) и хорошей свариваемости при -165 °C с высокой эффективностью наплавки.

Метод сварки	Продукт	Обозначение по AWS	Тип	Характеристики
SMAW	KNCF-9	AWS A5.11 ENiCrFe-9	Инконель	• Применяется для вертикальной (снизу вверх / сверху вниз) и потолочной сварки • Высокая ударная вязкость при криогенных температурах
	KNM-8	AWS A5.11 ENiMo-8	Хастеллой	• Высокая прочность шва и безупречное качество по результатам радиографического контроля • Применяется для вертикальной (снизу вверх / сверху вниз) и потолочной сварки • Высокая ударная вязкость при криогенных температурах
FCAW	K-9NiT Plus	AWS A5.34 ENiGT1-1	Инконель	• Рутилового типа, применяется для сварки во всех пространственных положениях • Легкое отделение шлака и минимальное разбрызгивание металла
SAW	EF-600LN X KW-S8	AWS A5.14 ERNiMo-8	Хастеллой	• Применяется для сварки в горизонтальном положении • Высокая ударная вязкость при криогенных температурах

Свариваемые узлы внутренней конструкции





1. ВНЕШНЯЯ БЕТОННАЯ КРЫША
2. СТЕНЫ ИЗ ПРЕДВ. НАПРЯЖ. Ж/Б
3. ПОДВЕСНАЯ КРЫША
4. ВНУТРЕННИЕ СТЕНКИ
5. ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ СТЕН
6. ВНУТРЕННЕЕ ДНИЩЕ
7. УГЛОВАЯ ЗАЩИТА
8. ИЗОЛЯЦИЯ ДНИЩА
9. ВТОРИЧНОЕ ДНИЩЕ
10. ПАРОИЗОЛЯЦИОННЫЙ СЛОЙ ДНИЩА
11. ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ КРЫШИ
12. ВНЕШНЯЯ КРЫША РЕЗЕРВУАРА
13. УЗЕЛ СОПРЯЖЕНИЯ
14. ИЗОЛЯЦИЯ НАРУЖНОГО РЕЗЕРВУАРА
15. СТЕНКИ ВНУТРЕННЕГО РЕЗЕРВУАРА
16. СТЕНЫ ИЗ ПРЕДВ. НАПРЯЖ. Ж/БЕТОНА
17. ОКРАЕЧНЫЕ ЛИСТЫ ДНИЩА
18. ИЗОЛЯЦИЯ ДНИЩА
19. ВНЕШНЯЯ ОБЛИЦОВКА

РЕЗЕРВУАРЫ ХРАНЕНИЯ СПГ ИЗ 9%-НОЙ НИКЕЛЕВОЙ СТАЛИ

Надежность сварки 9%-ной никелевой стали, подтвержденная результатами испытания CWNT

По мере увеличения размеров резервуаров для хранения СПГ и толщины их стенок, надежность сварных швов в экстремальных криогенных условиях приобретает все более критичное значение. Сварочные материалы KISWEL для 9%-ной никелевой стали, разработанные совместно с компанией POSCO, успешно прошли испытание на растяжение с поперечным надрезом (CWNT), подтвердив высокую стойкость к хрупкому разрушению.

Это полномасштабное испытание проведено в научно-исследовательском центре POSCO (аккредитованном в системе KOLAS). Оно моделирует распространение трещины на пересечении горизонтального шва, выполненного автоматической сваркой под флюсом (SAW), и вертикального шва, выполненного ручной дуговой сваркой покрытым электродом (SMAW). Результаты подтвердили, что трещины останавливаются в металле шва и не распространяются на основной металл, что доказывает стабильность наших материалов в реальных условиях эксплуатации резервуаров хранения СПГ.

Тип испытания

Испытание на растяжение образца сварного соединения с поперечным надрезом (CWNT)

Испытательная лаборатория

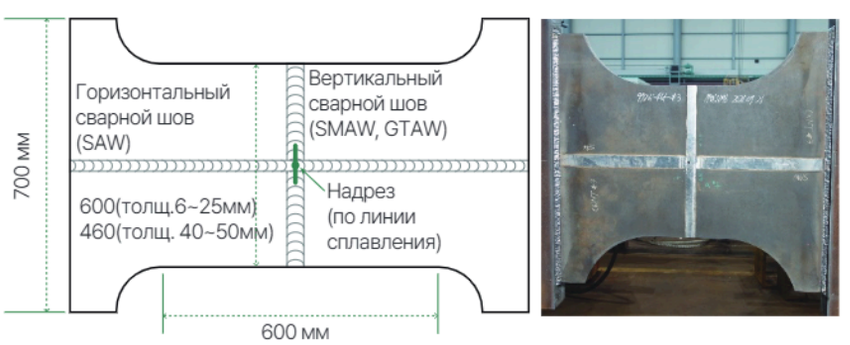
Научно-исследовательский центр POSCO в Пхохане (аккредитованный в системе KOLAS)

Температура испытания

-165 °C в среде жидкого азота

Результаты

Подтверждена остановка трещины в металле шва без ее перехода на основной металл

Метод сварки	Образец для испытания на растяжение сварного соединения с поперечным надрезом
SAW-SMAW Сварное соединение с поперечным надрезом	

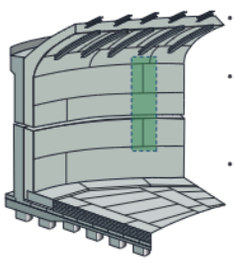
Резервуары хранения СПГ из 9%-ной никелевой стали

Основные виды продукции

KNCF-9

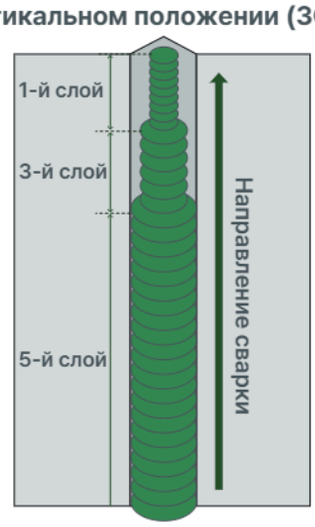
AWS A5.11 ENiCrFe-9

SMAW



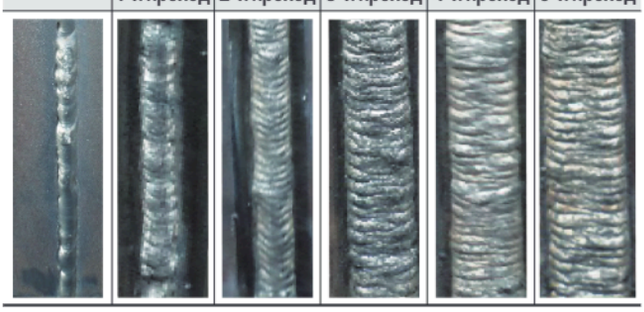
- Применяются для сварки 9%-ной никелевой стали (ASTM A553).
- Сварочные материалы из сплава Инконель (Inconel) для ручной дуговой сварки покрытым электродом (SMAW).
- Высокая ударная вязкость и превосходные сварочно-технологические характеристики в положениях 3G (вертикальное) и 4G (потолочное).

Сварочно-технологические характеристики в вертикальном положении (3G), толщина 20 мм



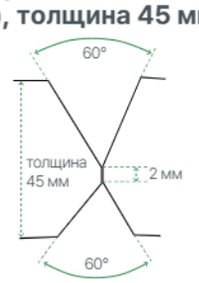


Обратный валик	Заполнение				Облицов. слой
	1-й проход	2-й проход	3-й проход	4-й проход	5-й проход



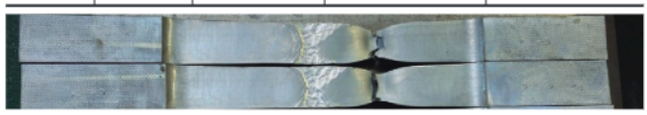
Форма разделки кромок для сварки в вертикальном положении (3G), толщина 45 мм

Полярность	AC
Положение	3G
Ток (A)	90–140
Напряжение (В)	24
Скорость сварки (см/мин)	6,5
Погонная энергия (кДж/см)	10



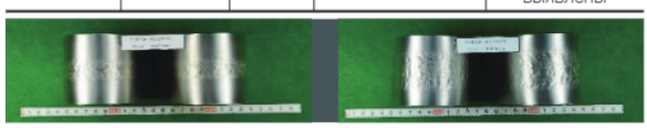
Испытание на растяжение

Класс	Положение	Предел текучести (МПа)	Предел прочности при растяж.(МПа)	Место разрушения
Результаты	Полное сечение	562	701	Основной металл
		564	701	Основной металл



Испытание на изгиб

Класс	Толщина	Угол изгиба	Положение	Результаты
Результаты	10 мм	180°	Лицевая поверхность шва	Дефекты не выявлены
			Корень шва	Дефекты не выявлены



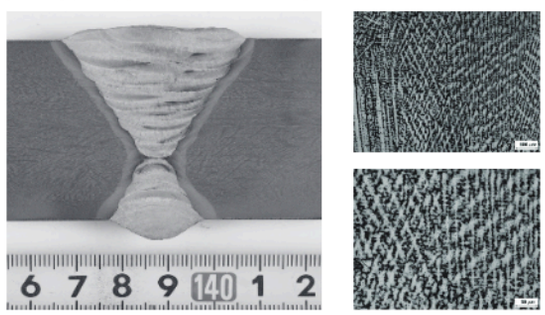
Испытание на ударную вязкость

Класс	Положение	Ударная вязкость при -196 °C (Дж)		
		Металл шва	Линия сплавления	Линия сплавления+1
Результаты	Лицевая поверхность шва	Ср. знач.97 (96,99, 101,95,95)	Ср. знач.110 (134,107, 105,101,103)	Ср. знач. 138 (132,139, 142,140,138)

Испытание на раскрытие в вершине трещины (CTOD)

Класс	Положение надреза	CTOD при –165 °C (мм)		
Результаты	Металл шва	0,27	0,29	0,27
		Среднее значение 0,28		
	Линия сплавления	0,51	0,48	0,49
		Среднее значение 0,49		

Микроструктура металла сварного шва



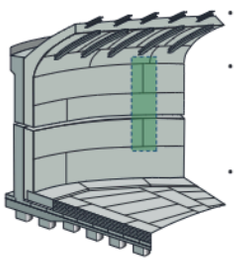
РЕЗЕРВУАРЫ ХРАНЕНИЯ СПГ ИЗ 9%-НОЙ НИКЕЛЕВОЙ СТАЛИ

Основные виды продукции

K-9NiT Plus

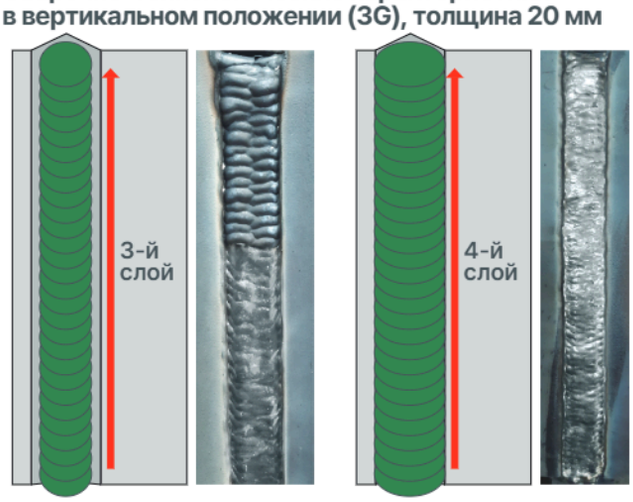
AWS A5.34 ENiGT-1

FCAW

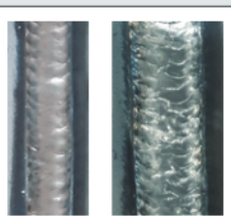


- Применяются для сварки 9%-ной никелевой стали (ASTM A553).
- Сварочные материалы из модифицированного сплава Инконель (Inconel) для дуговой сварки порошковой проволокой (FCAW).
- Высокая ударная вязкость и превосходные сварочно-технологические характеристики в положениях 3G (вертикальное) и 4G (потолочное).

Сварочно-технологические характеристики в вертикальном положении (3G), толщина 20 мм

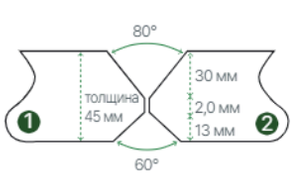


Сварочно-технологические характеристики в вертикальном положении (3G), толщина 45 мм

Корень шва	Заполнение	Облицовочный слой
		

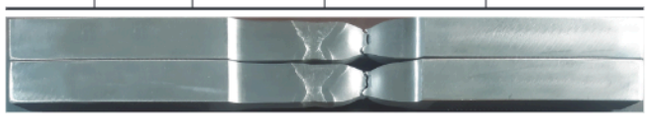
Форма разделки кромок для сварки в вертикальном положении (3G), толщина 45 мм

Полярность	DC(+)
Положение	3G
Ток (A)	160~170
Напряжение (B)	26~27
Скорость сварки (см/мин)	8,5
Погонная энергия (кДж/см)	27,2



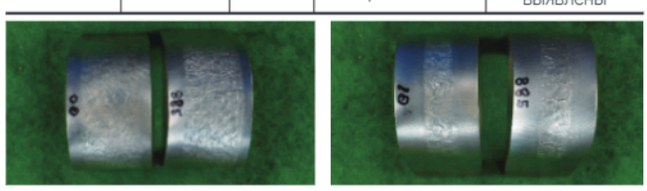
Испытание на растяжение

Класс	Положение	Предел текучести (МПа)	Предел прочности при растяж.(МПа)	Место разрушения
Результаты	Полное сечение	604	715	Основной металл
		602	714	Основной металл



Испытание на изгиб

Класс	Толщина	Угол изгиба	Положение	Результаты
Результаты	10 мм	180°	Лицевая поверхность шва	Дефекты не выявлены
			Корень шва	Дефекты не выявлены



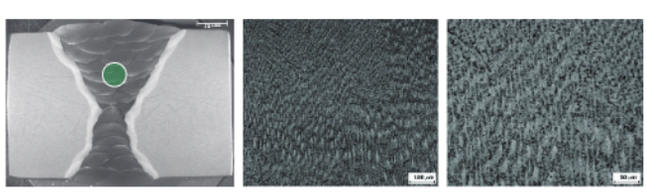
Испытание на ударную вязкость

Класс	Положение	Ударная вязкость при -196 °C (Дж)		
		Металл шва	Линия сплавления	Линия сплавления+1
Результаты	Лицевая поверхность шва	Ср. знач. 70 (70,74,76)	Ср. знач.92 (93,90,93)	Ср.знач.104 (113,101,98)

Испытание на раскрытие в вершине трещины (CTOD)

Класс	Положение надреза	CTOD при –165 °C (мм)		
Результаты	Металл шва	0,22	0,21	0,24
		Среднее значение 0,22		
	Линия сплавления	0,39	0,38	0,33
		Среднее значение 0,37		

Микроструктура металла сварного шва



Резервуары хранения СПГ из 9%-ной никелевой стали

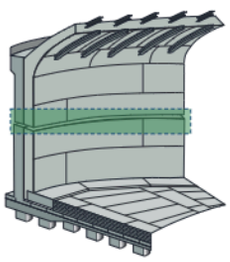
Основные виды продукции

EF-600LN x KW-S8

SAW

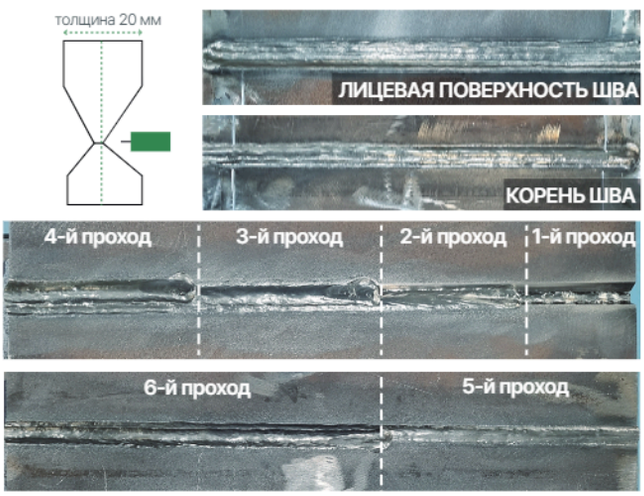
AWS A5.17 ERNiMo-8

EN 18274 S Ni 1008



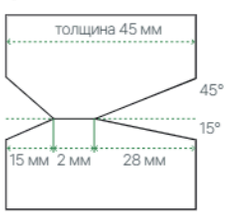
- Применяются для сварки 9%-ной никелевой стали (ASTM A553).
- Сварочные материалы из сплава Хастеллой (Hastelloy) для автоматической сварки под флюсом (SAW).
- Высокая ударная вязкость и превосходные сварочно-технологические характеристики в положениях 1G (нижнее) и 2G (горизонтальное).

Сварочно-технологические характеристики в горизонтальном положении (2G), толщина 20 мм



Форма разделки кромок для сварки в вертикальном положении (3G), толщина 45 мм

Полярность	DC(+)
Положение	2G
Ток (A)	350
Напряжение (В)	28
Скорость сварки (см/мин)	45
Погонная энергия (кДж/см)	13,07



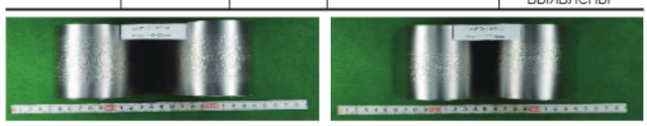
Испытание на растяжение

Класс	Положение	Предел текучести (МПа)	Предел прочности при растяж.(МПа)	Место разрушения
Результаты	Полное сечение	564	700	Основной металл
		569	700	Основной металл



Испытание на изгиб

Класс	Толщина	Угол изгиба	Положение	Результаты
Результаты	10 мм	180°	Лицевая поверхность шва	Дефекты не выявлены
			Корень шва	Дефекты не выявлены



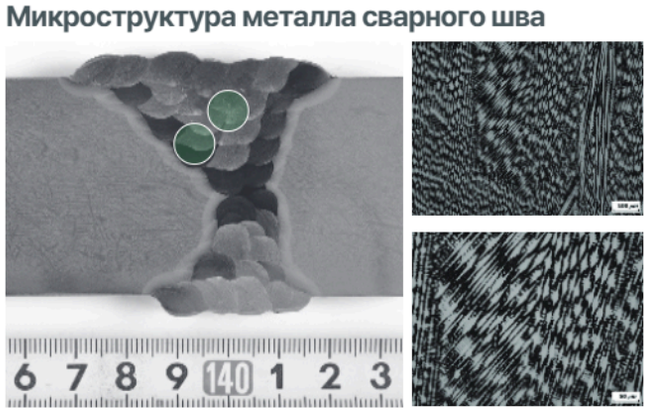
Испытание на ударную вязкость

Класс	Положение	Ударная вязкость при -196 °C (Дж)	
		Металл шва	Линия сплавления
Результаты	Лицевая поверхность шва	Ср. знач. 116 (88,87,174)	Ср.знач. 92 (90,88,97)
	Корень шва	Ср. знач.87 (81,94,88)	Ср. знач. 99 (90 107,99)

Испытание на раскрытие в вершине трещины (CTOD)

Класс	Положение надреза	CTOD при –165 °C (мм)		
Результаты	Металл шва	0,50	0,44	0,46
		Среднее значение 0,47		
	Линия сплавления	0,59	0,53	0,73
		Среднее значение 0,62		

Микроструктура металла сварного шва



KISWEL

KISWEL LTD. | Головной офис в Сеуле
166 Heungkook Bldg., Juja-dong, Toegye-ro, Jung-gu,
04627, Сеул, Южная Корея
Тел: +82-2-2270-9400 | export@kiswel.com

© 2025 KISWEL LTD. Все права защищены.

www.kiswel.com