СОДЕРЖАНИЕ



I. Краткое описание линии по производству горячекатаных стальных шпунтовых свай «Цзиньси» 01

II. Обзор продукта горячекатаные стальные шпунтовые сваи 08

III. Процесс производства шпунтовых свай из горячекатаной стали 14

IV. Основные правила использования горячекатаных стальных шпунтовых свай 19

V. Проекты работ с горячекатаными стальными шпунтовыми сваями марки «Цзиньси» 29

I. Краткое описание линии по производству горячекатаных стальных шпунтовых свай «Цзиньси»



Хэбэйская металлургическая акционерная компания с ОО "Цзиньси" была основана в 1986 году и переименована в Хэбэйскую металлургическую корпорацию "Цзиньси" в 2009 году. Сегодня она представляет собой крупный конгломерат, включающий семь национальных высокотехнологичных предприятий, три листинговые компании, два специализированных и инновационных малых и средних предприятия провинциального уровня, одно национальное специализированное и инновационное предприятие класса «малый гигант», почти 100 холдинговых компаний на внутреннем и международном рынках, а также годовой доход от продаж, превышающий 100 миллиардов юаней. С 2003 года компания 21 год подряд входит в число 500 крупнейших китайских предприятий. В 2023 году она заняла 151-е место среди 500 крупнейших китайских предприятий, 41-е место среди 500 крупнейших китайских частных предприятий и 265-е место среди 500 крупнейших китайских листинговых компаний. Она последовательно завоевывала такие почетные звания, как «Национальная почётная грамота в честь Первого мая», «Национальная культурная организация» и др.

Ведущая стальная продукция включает горячекатаную двутавровую сталь, стальные шпунтовые сваи, двутавровые балки, уголки, швеллеры и другие изделия серии 152 и спецификации 428. Наша продукция используется в таких ключевых национальных проектах, как мост через залив Ханчжоувань, коридор Шэньчжэнь-Чжуншань и электрифицированная железная дорога, и экспортируется в 33 страны и региона, включая Японию, Южную Корею, Европу и США. Наша доля на рынке опор для высокоскоростных железных дорог превышает 90%, а доля на рынке горячекатаных двутавровых балок и горячекатаных стальных шпунтовых свай занимает первое место в стране.

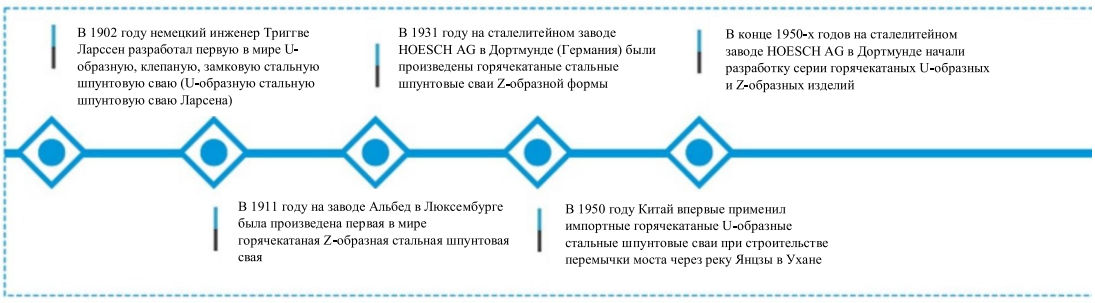
Стратегия развития направлена на всестороннее продвижение «высокотехнологичной продукции, нормализованных инноваций и ориентир на внешний мир». В 2017 году Хэбэйская металлургическая корпорация "Цзиньси" инвестировала в создание Хэбэйской научно-технической компании с ОО стальных шпунтовых свай "Цзиньси", которая внедрила ведущую в мире технологию горячей прокатки, построила полностью автоматизированную производственную линию мирового класса и специализируется на производстве крупногабаритных горячекатаных стальных шпунтовых свай и стальных профилей сверхбольших размеров.

Хэбэйская научно-техническая компания с ОО стальных шпунтовых свай "Цзиньси" расположена в западной части зоны экономического развития Цяньси провинции Хэбэй. Её площадь составляет 260 му (около 166 акров), а площадь застройки – 90 000 квадратных метров. Инвестиции компании составляют 1,5 миллиарда юаней. Компания ежегодно производит 1 миллион тонн горячекатаных стальных шпунтовых свай и двутавровых балок сверхбольшого сечения, что делает её крупнейшей и наиболее комплексной производственной базой для горячекатаных стальных шпунтовых свай и двутавровых балок в Китае. Компания продолжает разрабатывать новые спецификации продукции, имеющие рыночный потенциал, включая серии JU400-JU750, JZ12-JZ40 и другие широкие горячекатаные стальные шпунтовые сваи, а также изготовленную по индивидуальному заказу сверхкрупногабаритную сталь, которая заполняет внутренний рынок, а некоторые продукты заполняют международный рынок.

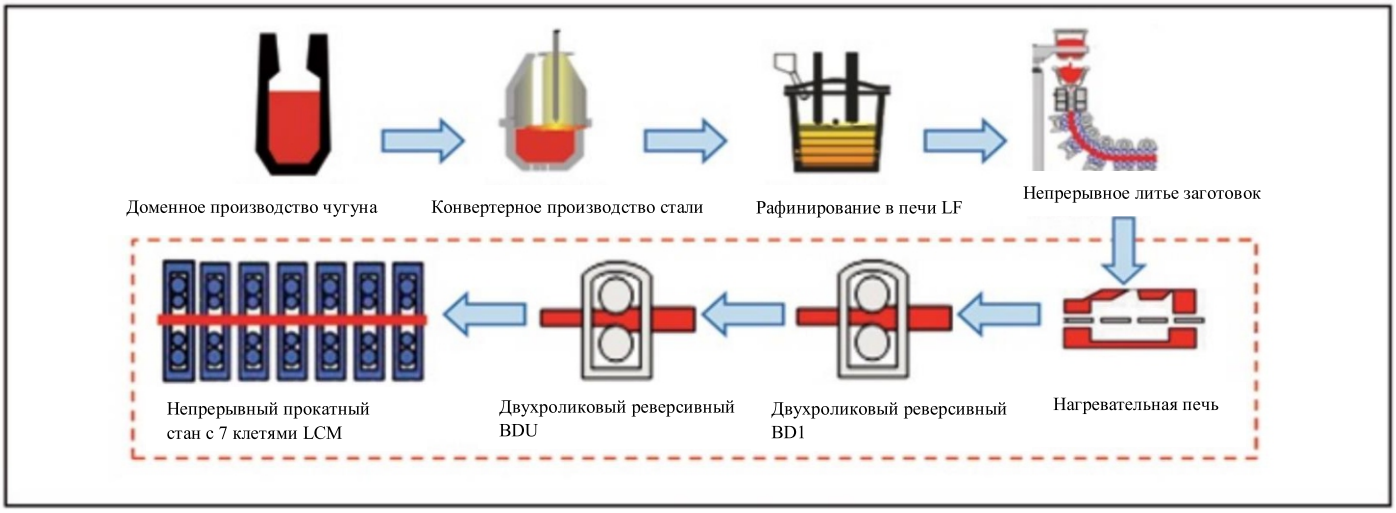
Унаследовав вековой опыт качества, мы создаем глобальное лидерство. В 2019 году корпорация "Цзиньси" официально приобрела немецкий бренд стальных шпунтовых свай Hoesch со столетней историей и одновременно основала Европейскую международную компанию по проектированию стальных шпунтовых свай и экологичных фундаментов. На протяжении многих лет компания "Цзиньси" стремится поставлять высококачественные горячекатаные стальные шпунтовые сваи для экономического развития Китая. Мы придерживаемся принципа «качество прежде всего, клиент прежде всего» и вносим свой вклад в строительство инфраструктуры в Китае и даже во всем мире, предлагая изысканное мастерство и превосходное качество.

1. История развития горячекатаных стальных шпунтовых свай

В начале XX века, в связи с непрерывным совершенствованием технологии прокатки стали, Германия стала пионером в производстве горячекатаных стальных шпунтовых свай. Этот инновационный продукт быстро завоевал международное признание благодаря своим выдающимся показателям в области фундаментостроения и быстро стал широко применяться во всем мире. Спрос на рынке и сфера применения горячекатаных стальных шпунтовых свай значительно расширились. К первоначальной одинарной U-образной свае добавился ряд других типов стальных шпунтовых свай, включая Z-образные и прямолинейные.



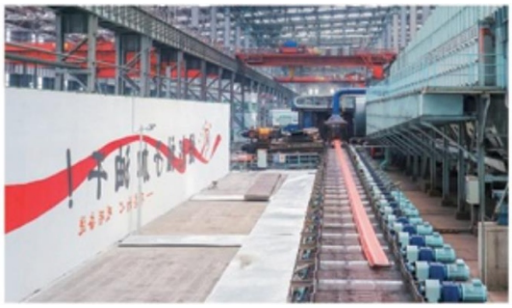
2. Процесс производства горячекатаных стальных шпунтовых свай



Принципиальная схема процесса производства горячекатаного стального шпунта

Линия по производству горячекатаных стальных шпунтовых свай

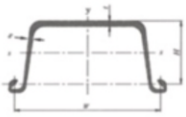
Компания «Цзиньси» располагает первой в стране сверхкрупной линией по производству горячекатаной стали с годовой производительностью 1 миллион тонн. Всё основное оборудование является высокоточным и производительным оборудованием китайской разработки. Прокатный стан работает по схеме 1+1+7, а правильная машина представляет собой десятироликовую портальную правильную машину. Система заправки стальных шпунтовых свай полностью автоматизирована, не требует участия оператора и является интеллектуальной. Предприятие способно производить полный ассортимент крупногабаритной продукции, включая шпунтовые сваи U-образного сечения диаметром 400–900 мм, шпунтовые сваи Z-образного сечения диаметром 500–850 мм и сталь H-образного сечения с шириной стенки до 1100 мм, а также угловую сталь ∠ 22 – ∠ 30 и другие виды горячекатаного проката.





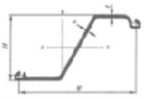
Нарезка свай из горячекатаной стальной шпунтовой стали





3. Параметры горячекатаных шпунтовых свай марки «Цзиньси»

Горячекатаная U-образная стальная шпунтовая свая																
Модель по ГОСТ	Эффективная ширина (W)	Эффективная высота (H)	Толщина ребра (t)	Одинарный материал						Каждый метр поверхности						Соответствующие спецификации HOESCH
				Площадь поперечного сечения	Теоретическая масса	Момент инерции (Ix)	Модуль сопротивления сечения (Wx)	Момент инерции (Iy)	Модуль сопротивления сечения (Wy)	Площадь поперечного сечения	Теоретическая масса	Момент инерции (Ix)	Модуль сопротивления сечения (Wx)	Момент инерции (Iy)	Модуль сопротивления сечения (Wy)	
	мм	мм	мм	$см^2$	кг/м	$см^4$	$см^3$	$см^4$	$см^3$	$см^2$	кг/м	$см^4$	$см^3$	$см^4$	$см^3$	
PU400*100	400	100	10.5	61.18	48	1240	152	12200	562	153	120.1	8740	874	91676	2199	LARSSEN408
PU400*125	400	125	13	76.32	60	2220	223	15133	691	191	149.9	16800	1340	114198	2725	LARSSEN413
PU400*170	400	170	15.5	96.99	76.1	4670	362	18792	862	242.5	190.4	38600	2270	143939	3443	LARSSEN422
PU600*180	600	180	13.4	103.9	81.6	5220	376	41070	1367	173.2	136	32400	1800	224222	3633	LARSSEN 618C
PU600* 204.5	600	204.5	9.4	88.1	69.2	6200	426	38590	1216	146.9	115.3	32858	1605	196510	3183	LARSSEN616
PU600*205	600	205	10	91.8	72.1	6434	438	39758	1253	153	120.1	34645	1690	203967	3304	LARSSEN617
PU600.205.5 I	600	205.5	10.9	97.4	76.4	6788	455	41541	1309	1623	127.4	37348	1817	179398	3488	LARSSEN618
PU600.205.5 II	600	205.5	13	104.7	82.2	6933	450	41877	1320	174*5	137	42480	2067	272248	4411	LARS-SEN621T
PU600*206	600	206	14	110.7	86.9	7267	466	43678	1377	184.5	144.8	45440	2205	238342	3861	LARS-SEN622T
PU600.215	600	215	14	114	89.5	8235	510	46724	1464	190	149.2	50376	2343	249632	4031	LARSSEN623
PU600.218	600	218	14.4	119.8	94	8940	542	46941	1470	199.8	156.7	54771	2512	252400	4076	LARSSEN625
PU600*218.5	600	218.5	15.4	126	98.9	9350	562	47480	1487	209.9	164.8	58118	2660	259308	4187	LARSSEN626
PU600*210	600	210	18	1355	106.2	8630	539	50776	1600	2255	177	56700	2700	287943	4665	LARS-SEN627C
PU600.225.5	600	2255	18	139	109.1	10452	603	53141	1674	231.7	181.9	69300	3073	297053	4811	LARSSEN631
PU600*226	600	226	19	145.1	114	10873	624	55085	1735	241.7	190	72810	3222	309483	5012	LARSSEN632
PU600.226.5	600	226.5	19.8	150	117.7	11606	668	56598	1783	250	196.2	75618	3340	319290	5170	LARSSEN633
PU600*225	600	225	22.3	171.8	134.9	11830	666	64310	2056	286.3	224.8	87238	3877	364925	5893	LARSSEN639
PU750*225a	750	223.5	13	130.1	102.1	9830	579	78841	2007	173	136.1	50700	2270	348902	4544	LARSSEN723
PU750-225b	750	225	14.6	140.6	110.4	10445	602	83297	2121	1875	147.2	56301	2502	374787	4881	LARSSEN725
Примечание			Данные, содержащие значения Iy и Wy, приведены только для справки.													



Горячекатаная Z-образная стальная шпунтовая свая													
Модель по ГОСТ	Эффективная ширина (W)	Эффективная высота (H)	Толщина ребра (t)	Толщина крыла (S)	Одинарный материал				Каждый метр поверхности				Соответствующие спецификации HOESCH
					Площадь поперечного сечения	Теоретическая масса	Момент инерции (Ix)	Модуль сопротивления сечения (Wx)	Площадь поперечного сечения	Теоретическая масса	Момент инерции (Ix)	Модуль сопротивления сечения (Wx)	
	мм	мм	мм		$см^2$	кг/м	$см^4$	$см^3$	$см^2$	кг/м	$см^4$	$см^3$	
PZ13-770	770	354	9	9	97.6	76.6	18490	1043	126.8	99.5	24013	1357	HOESCH 1308
PZ14-770	770	355	9.5	95	102	80.1	19273	1086	132.5	104	25030	1412	HOESCH 1408
PZ18-700	700	420	9	9	97.6	76.7	26526	1261	139.5	109.5	37894	1804	HOESCH 1807
PZ19-700	700	420.5	9.5	95	102.1	80.1	27640	1313	145.9	114.4	39485	1878	HOESCH 1907
PZ20-700	700	421	10	10	1065	83.6	28754	1366	152.2	119.4	41076	1951	HOESCH2007
PZ24A-700	700	439	11	11	121.2	95.1	37365	1701	173.1	135.9	53379	2432	HOESCH2407
PZ26A-700	700	440	12	12	130.6	102.5	40130	1824	186.6	146.5	57329	2606	HOESCH2607
PZ28A-700	700	441	13	13	140	109.9	42896	1945	200	157	61279	2779	HOESCH2807
PZ36A-700	700	499	17	11	150*5	118.1	62878	2515	215	168.8	89826	3600	HOESCH3607
PZ38A-700	700	500	18	12	160.4	125.9	66503	2654	229.2	179.9	95004	3800	HOESCH3807
PZ40A-700	700	501	19	13	1703	133.7	70128	2792	243.3	191	100184	3999	HOESCH4007

4. Перечень допусков размеров горячекатаных шпунтовых свай марки «Цзиньси»

Горячекатаная U-образная стальная шпунтовая свая				
Пункт		ГОСТ	Японский стандарт	Европейский стандарт
Размер (мм)	Действующий стандарт	GB/T 20933	JIS A 5528	EN 10248-2
	Эффективная ширина (W)	+10 -5	+10 -5	±2%W
	Эффективная высота (H)	H≤200: ±4 H>200: ±5	±4%	h≤200: ±4 h>200: ±5
	Толщина стенки (t)	<10 ±1 10-16 ±1.2 ≥16 ±1.5	<10 ±1 10-16 ±1.2 ≥16 ±1.5	t ≤ 8.5 -0.5 t > 8.5 -6%t
	Длина (L)	0-200	без ограничений	± 200
	Боковой загиб	≤0.2%L	<10 м <L*0.12% ≥10 м ≤(L-10 м) * 0.1% +12 мм	≤0.2 %L
	Деформация	≤0.2%L	<10 м <L*0.25% ≥10 м ≤(L-10 м) * 0.2% +25 мм	≤0.2 %L
	Наклон торцевой поверхности	≤3%W	≤4%W	≤2%W
Замковое обустройство		a-b ≥4	-	a-b ≥4
Примечание		Марка может быть изготовлена в соответствии с национальным стандартом GB/T 20933, японским стандартом JIS A 5528, европейский стандарт EN 10248-1, GB/T 1591 или изготовлен по индивидуальному заказу в соответствии с техническим соглашением.		

Горячекатаная Z-образная стальная шпунтовая свая			
Пункт		ГОСТ	Европейский стандарт
Размер (мм)	Действующий стандарт	GB/T 20933	EN 10248-2
	Эффективная ширина (W)	±2%W	±2%W (одиночная свая) ±3%W (двойная свая)
	Эффективная высота (H)	H≥300: ±7	h≤200: ±5 200 <h<300: ±6 h≥300: ±7
	Толщина стенки (t)	<10 ±1 10-16 ±1.2 ≥16 ±1.5	t ≤ 8.5 -0.5 t > 8.5 -6%t
	Длина (L)	0-200	± 200
	Боковой загиб	≤0.2%L	≤0.2 %L
	Деформация	≤0.2%L	≤0.2 %L
	Наклон торцевой поверхности	≤3%W	≤2%W
Замковое обустройство		a-b ≥4	a-b ≥4
Примечание		Марка может быть изготовлена в соответствии с национальным стандартом GB/T 20933, европейским стандартом EN 10248-1, GB/T 1591 или изготовлен по индивидуальному заказу в соответствии с техническим соглашением.	

5. Сертификация

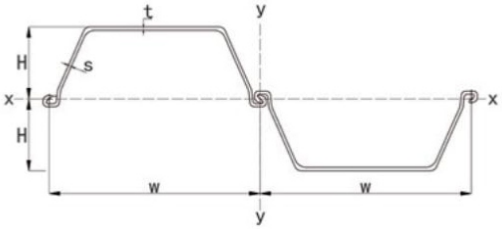
Сертификация «Цзиньси»		
Тип сертификации	Содержание сертификации	Орган сертификации
Сертификация продукта	Сертификация в Сингапуре	Компания с ОО по сертификации качества «Лаоши» (Шанхай)
Сертификация системы	Система менеджмента качества	Компания с ОО по сертификации качества «Лаоши» (Шанхай)
	Система менеджмента измерений	Центр сертификации метрологической системы «Чжунци»
	Система экологического менеджмента	Пекинская компания с ОО по сертификации «Гоцзинь Хэнсинь»
	Система менеджмента охраны труда и техники безопасности	Пекинская компания с ОО по сертификации «Гоцзинь Хэнсинь»
	Система энергетического менеджмента	Пекинская компания с ОО по сертификации «Гоцзинь Хэнсинь»
Сертификация лаборатории	Национальная аккредитованная CNAS лаборатория	Китайская национальная служба аккредитации по оценке соответствия

II. Обзор продукта горячекатаные стальные шпунтовые сваи

Горячекатаные стальные шпунтовые сваи классифицируются по форме поперечного сечения в соответствии со стандартом GB/T 20933-2021 «Горячекатаные стальные шпунтовые сваи» на U-образные, Z-образные и прямые. В настоящее время на внутреннем рынке в основном представлены U-образные и Z-образные типы. Соответствующая горячекатаная двутавровая сталь соответствует стандартам GB/T 11263 «Горячекатаная двутавровая сталь и разрезная двутавровая сталь» и GB/T 32285 «Горячекатаные двутавровые стальные сваи».

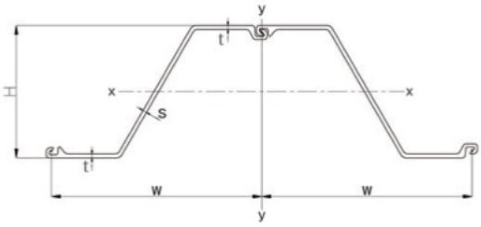
1. Особенности и комбинации

Характеристики горячекатаных U-образных стальных шпунтовых свай

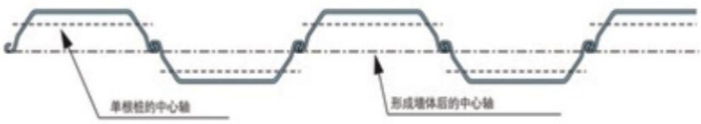


- Большая глубина и превосходные статические характеристики.
- Симметричная конструкция, высокая степень повторного использования.
- Быстрое и удобное строительство, высокая эффективность погружения свай.
- Простая установка стяжек и аксессуаров, даже под водой.

Характеристики горячекатаных Z-образных стальных шпунтовых свай

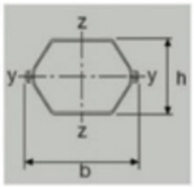


- Сплошная стенка и симметрично расположенные замковые элементы по обе стороны от нейтральной оси увеличивают момент сопротивления сечения.
- Повышенный момент инерции и изгибная жёсткость эффективно снижают смещения и деформации.
- Использование высококачественной стали обеспечивает повышенную прочность на изгиб.
- Увеличенная ширина сечения повышает эффективность забивки свай и экономит время строительства.

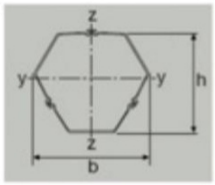




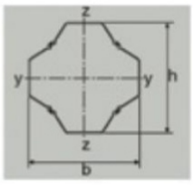
Комбинация коробчатого типа PU



2-секционный блок

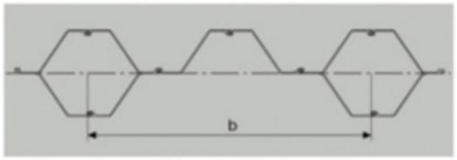


3-секционный блок

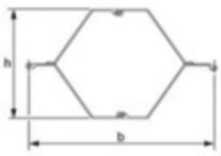


4-секционный блок

Комбинация коробчатого типа PZ



Комбинация стальных шпунтовых свай коробчатого типа PZ



Блок коробчатого типа PZ

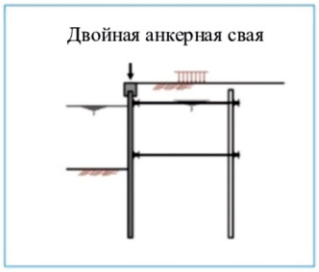
2. Применение в строительстве

Различные типы причалов







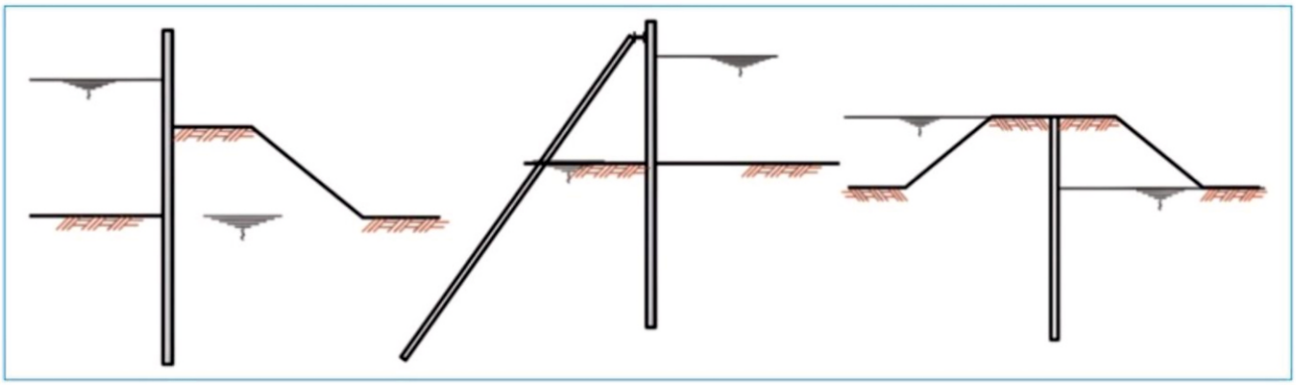


Запруды, волнорезы и плотины

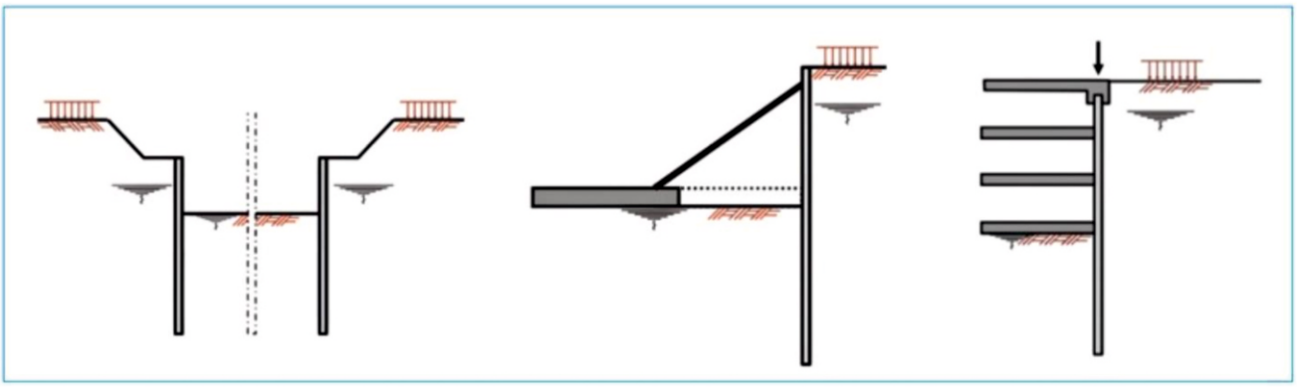




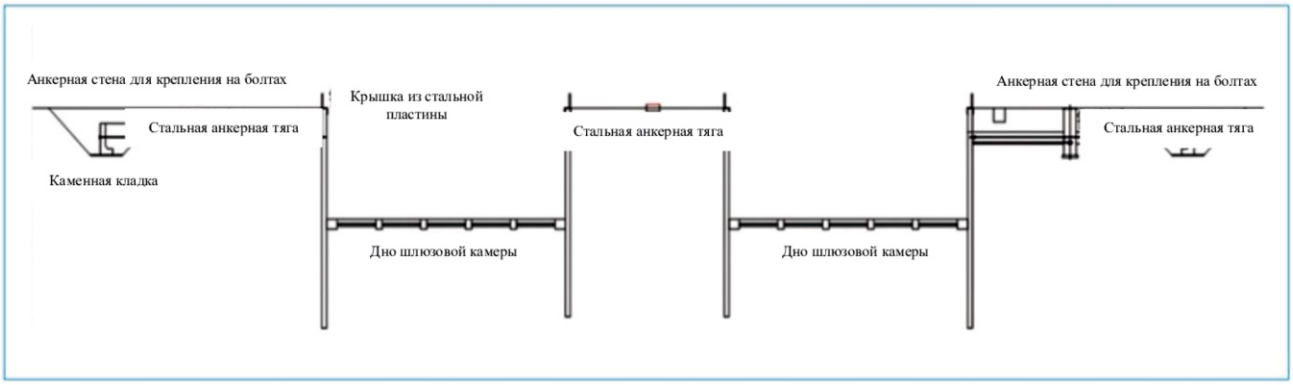
Противопаводковые стены и защита окружающей среды



Различные типы шпунтового ограждения котлована



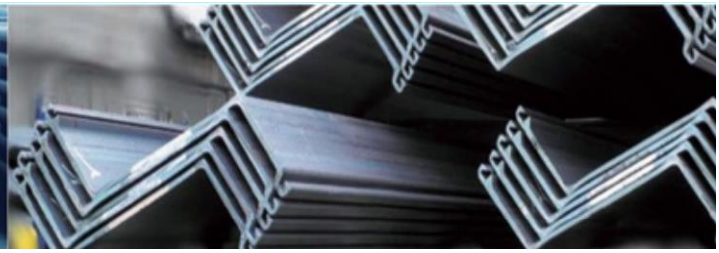
Различные анкерные комбинированные конструкции



3. Примеры сценариев применения

Горячекатаные стальные шпунтовые сваи «Цзиньси» широко используются в промышленном и гражданском строительстве, портах, муниципальном управлении, мостах, железных дорогах, автомагистралях, водном хозяйстве и других инженерных областях.

Некоторые характеристики и материалы, используемые в различных сценариях применения

Тип проекта	Сценарии использования	Тип использования	Основные типы свай	Материал
Порты и судостроительные терминалы	Дноуглубление каналов Терминал Верфь	Морские водозащитные перемычки Передняя стена терминала Боковая стенка дока	PU600*180 PU600*226 PU750*225 Свая типа PZ	Q355P/S355GP Q390P/S390GP Q420P/S430GP Сталь, стойкая к атмосферным воздействиям и коррозии
Долговременные сваи				
Водное хозяйство и водный транспорт	Берегоукрепление Плотины для водопользования Судоходные шлюзы	Защита берегов реки Борьба с наводнением Стенка шлюзовой камеры	PU600*180 PU600*205 PU600*210 PU750*225 Свая типа PZ	Q355P/S355GP Q390P/S390GP Q420P/S430GP Сталь, стойкая к атмосферным воздействиям и коррозии
Строительная отрасль	Строительство котлованов Автомобильные и железнодорожные мосты Строительство подвалов и гаражей	Поддержка глубокого котлована фундамента Подводная перемычка Стена подвала (постоянная)	PU400*170 PU600*210 PU600*226 PU600*225	Q355P SY390/Q390P Q420P S355GP/S430GP
Переносные сваи				
Муниципальный сектор	Муниципальные трубопроводы Расширение дорог Изоляционные сооружения	Шпунтовое ограждение котлована Крепление траншеи трубопровода Защита склонов (постоянная) Загрязнение воды и почвы (постоянное)	PU400*100 PU400*125 PU400*170 серия PU600	SY295/Q295P Q355P SY390/Q390P




Строительство причалов




Противопаводковая защита

Подземные парковки




Подпорная стенка из стальных шпунтовых свай

Речные судоходные шлюзы



Укрепление русла реки



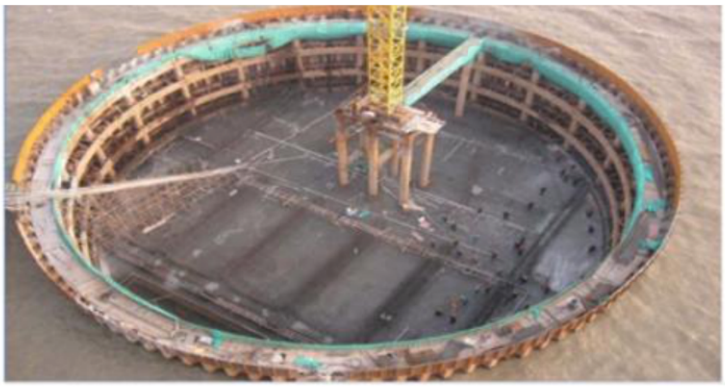
Укрепление береговой обороны



Реконструкция городских внутренних рек



Верфи и доки





Подводные перемычки

III. Процесс производства шпунтовых свай из горячекатаной стали

Горячекатаные стальные шпунтовые сваи используются в различных конструкциях, включая шпунтовые стенки, подпорные стенки и фундаментные перемычки. Ключевыми факторами на этапе строительства являются рабочая сила, рабочее пространство, методы строительства, выбор оборудования и строительные чертежи.

1. Подготовка к строительству

Исследование площадки

Условия площадки, как правило, оцениваются на начальном этапе исследования и уточняются по мере разработки проекта.

Выбор моделей, спецификаций и длины стальных горячекатаных шпунтовых свай следует определять с учетом предполагаемого использования и геологических условий площадки. Изменение фактических геологических условий во время строительства может привести к корректировке применения стальных шпунтовых свай. Например, в слабых грунтах стальные шпунтовые сваи могут быть забиты слишком глубоко.

Если над или под строительной площадкой имеются препятствия или сооружения, такие как трубопроводы или линии электропередачи, могут потребоваться специальные методы строительства шпунтовых свай, а также может потребоваться изменение расположения и конструкции шпунтовой стенки. Кроме того, нельзя игнорировать воздействие свай на соседние здания или дороги.

Процесс строительства опоры котлована из стальных горячекатаных шпунтовых свай:

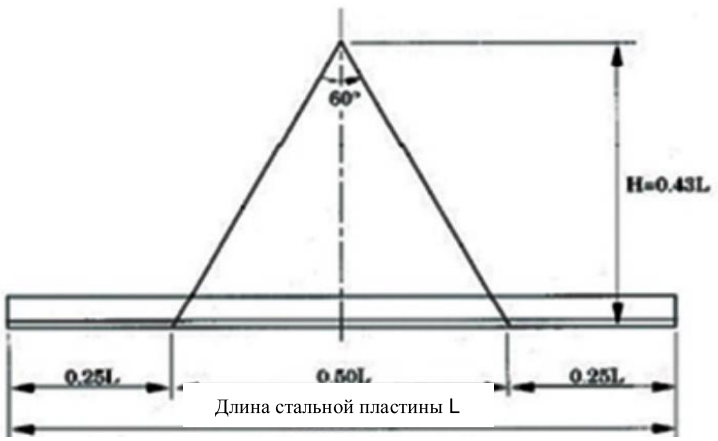
Планировка площадки → Позиционирование и выкладка → Испытание сваи → Установка направляющей рамы → Забивка стальных шпунтовых свай → Разработка грунта → Многослойные опоры и анкерные тяги (тросы) → Строительство основного подземного сооружения → Снятие и замена опор и анкерных тяг (тросов) → Обратная закладка траншеи → Извлечение сваи → Переработка стальных шпунтовых свай

Подготовка документов для работы

Перед возведением опоры котлована из горячекатаного стального шпунта необходимо подготовить конкретный план строительства на основе проектной документации с учетом условий площадки, геологических условий, общего плана строительства, методов строительства и требований по охране окружающей среды. Этот конкретный план строительства должен включать информацию о транспортировке и подъёме материалов, технологическом процессе строительства, контроле качества, стандартах приёмки, методах переработки, мерах по охране окружающей среды и планах реагирования на чрезвычайные ситуации.

Подготовка и хранение материалов

Материалы для изготовления шпунтовых свай из горячекатаной стали должны быть подготовлены в соответствии со спецификациями модели, материалом, длиной сваи и количеством, требуемыми проектом. Место хранения следует выбирать на ровной и просторной площадке для удобства эксплуатации. Площадка для хранения должна иметь твёрдый, не проседающий грунт и хороший дренаж.

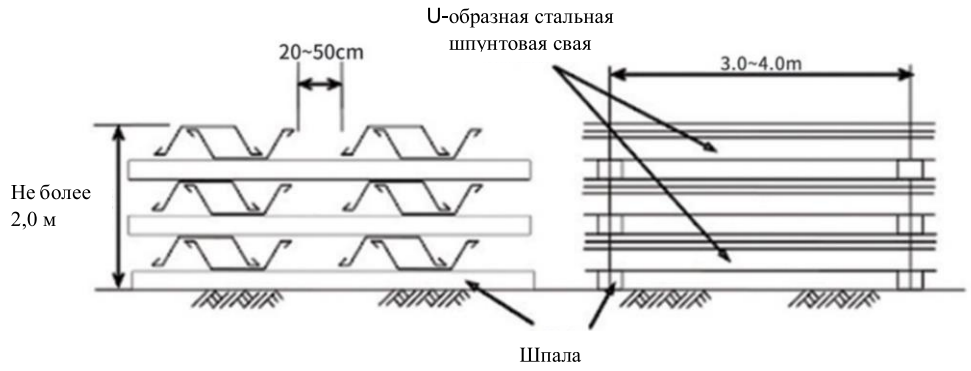


На рисунке показан подъем стальных горячекатаных шпунтовых свай за две точки

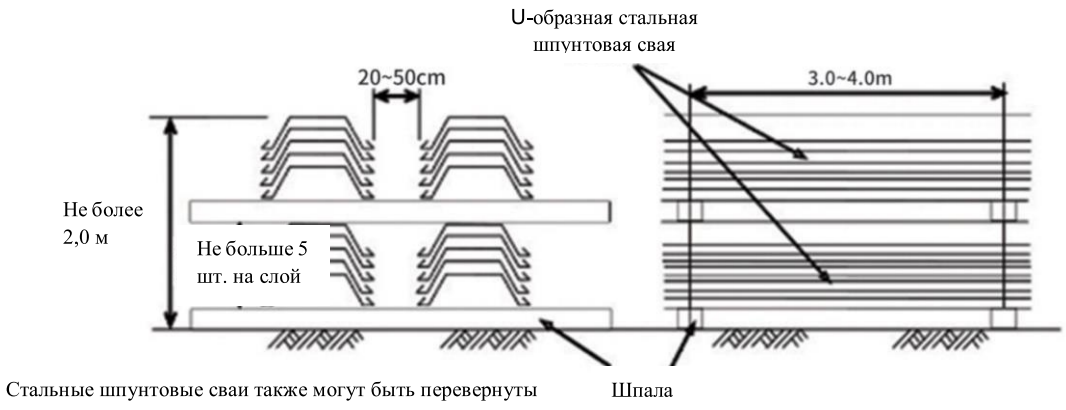
План транспортировки следует разрабатывать с учетом таких факторов, как характеристики компонентов, например, тип и длина поперечного сечения, объем перевозимого груза, дорожные условия и условия на площадке. При транспортировке, опускании и укладке штабелей соблюдайте осторожность, чтобы не подвергать их ударам или падению. Следует проявлять особую осторожность при работе с более длинными горячекатаными стальными шпунтовыми сваями, которые более подвержены изгибу и повреждениям.

План подъема должен быть определен на основании характеристик компонентов горячекатаного стального шпунта, условий места установки и путем проверочных расчетов. При подъёме не поднимайте слишком много горячекатаных стальных шпунтовых свай одновременно и убедитесь, что замковые концы защищены. Соответствующее расстояние между тросами минимизирует прогиб горячекатаных стальных шпунтовых свай под собственным весом. В зависимости от типа и длины горячекатаных стальных шпунтовых свай можно использовать двухточечный или трёхточечный подъём. При подъеме за две точки, две точки подъема должны быть установлены на расстоянии 1/4 длины сваи от обоих концов горячекатаного стального шпунта (как показано на рисунке выше), чтобы минимизировать изгибающий момент, вызванный собственным весом.

При необходимости штабелирования горячекатаных стальных шпунтовых свай их следует укладывать слоями в соответствии с планируемым использованием и характеристиками компонентов. Каждый слой не должен содержать более пяти штук, между слоями должны быть вставлены шпалы. Общая высота штабеля не должна превышать 2 метров, а дно штабеля должно быть проложено прокладкой для обеспечения устойчивости. Складирование должно быть аккуратно классифицировано, четко промаркировано и полностью документировано, с четкими предупреждающими знаками. При этом для облегчения связывания стальных канатов расстояние между соседними горячекатаными стальными шпунтами должно составлять от 20 до 50 см, а расстояние между шпалами — от 3 до 4 метров. При складировании на открытом воздухе необходимо обеспечить укрытие и защиту, а запасные части и мелкие компоненты следует складировать в помещении.



На рисунке показаны горячекатаные U-образные стальные шпунтовые сваи, уложенные в обоих направлениях.



На рисунке показана традиционная укладка горячекатаных U-образных стальных шпунтовых свай.

2. Работы по забивке свай

Методы забивки свай

Методы забивки шпунтовых свай из горячекатаной стали включают в себя: метод поштучной забивки свай, метод групповой забивки свай, метод экранной забивки свай, метод ступенчатой забивки свай и метод шахматной забивки свай. Фактический выбор должен основываться на комплексных соображениях, таких как тип и модель горячекатаных стальных шпунтовых свай, глубина погружения сваи, грунтовые условия, условия строительной площадки и местный инженерный опыт. Подробную информацию см. ниже:

При слабом грунте или небольшой длине свай можно использовать метод поштучного забивки.

При групповой забивке свай количество горячекатаных стальных шпунтовых свай должно быть нечётным для свай U-типа и чётным для свай Z-типа.

Для проектов, требующих высокой точности забивки свай и строгих требований к водоупорности, рекомендуется метод забивки свай с просеивающим экраном.

Метод забивки свай с просеивающим экраном следует использовать для окончательного закрытия свай из горячекатаной стали.

Для твердых грунтов и длинных свай рекомендуется метод забивки свай в шахматном порядке.

Для твердых глинистых грунтов, плотных песчаных грунтов или длинных свай конкретный метод забивки свай можно определить путем пробного забоя.

Требования к работам

Перед погружением шпунтовых свай из горячекатаной стали необходимо очистить поверхность от поверхностных и подземных препятствий, а также выровнять площадку. Несущая способность основания площадки должна соответствовать эксплуатационным потребностям сваебойного оборудования. При проведении работ необходимо учитывать следующие требования:

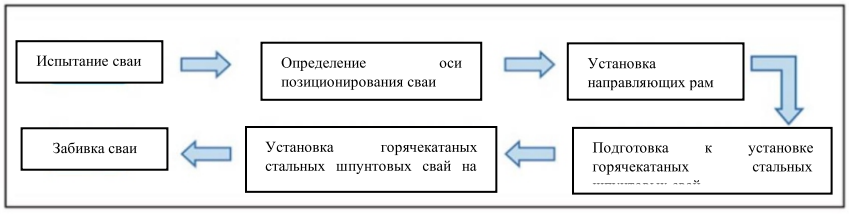
Глубина погружения сваи должна приниматься на основе проектной отметки подошвы сваи как основного контрольного норматива и не должна быть меньше проектной отметки подошвы сваи;

Плоскость котлована должна быть постоянно закрыта, а в процессе строительства следует применять такие методы, как регулировка оси, чтобы гарантировать закрытость стальных шпунтовых свай. Если горячекатаные стальные шпунтовые сваи также служат в качестве водоупорных средств, их можно закрыть, используя стальные шпунтовые сваи специальной формы, перекрывая швы или регулируя положение свай, или путем заливки внешней стороны перекрывающихся швов. Угловые сваи или угловые соединители могут использоваться на углах для обеспечения непрерывности стенки из горячекатаных стальных шпунтовых свай;

По возможности следует избегать соединения свай на месте. При необходимости соединения свай на месте следует установить направляющую раму. Перед погружением оголовок сваи должен быть охлаждён естественным путём. Время естественного охлаждения должно составлять не менее 5 минут. Категорически запрещается использовать водяное охлаждение или даже опускать сваю сразу после сварки.

При возникновении протечки в боковой стенке из горячекатаного стального шпунта необходимо принять следующие меры: если протечка расположена выше поверхности котлована, методы устранения протечки включают герметизацию стыков сваркой, сварку стыков уголковой сталью или стальными пластинами, а также заполнение стыков пластиковыми, деревянными, резиновыми или древесно-композитными панелями. Если место утечки находится ниже поверхности выемки фундаментного котлована, за стенкой сваи можно применить меры по остановке воды, такие как ротационная заливка под высоким давлением и уплотняющая заливка, или можно добавить изогнутые стальные трубы на стороне, обращенной к воде, для заливки смеси древесной щепы и быстросохнущего цемента. Если требования по герметизации воды строгие, перед забивкой шпунтовой сваи из горячекатаной стали целесообразно нанести герметик на место замка.

Этапы работ



Принципиальная схема процесса забивки стальных горячекатаных шпунтовых свай

Испытание сваи

При отсутствии опыта строительства, перед погружением стальных горячекатаных шпунтовых свай следует определить соответствующие методы и параметры строительства путем проведения испытаний на забивку и извлечение как минимум трёх свай. Оцените пригодность свай и выберите подходящий тип оборудования для забивки свай и размеры поперечного сечения стальных горячекатаных шпунтовых свай. Наконец, определите, требуется ли вспомогательное оборудование, такое как гидромониторы высокого давления или бур для грунта.

Определение оси позиционирования свай

Ось позиционирования — это базовая линия для установки свай. Обычно это передний край горячекатаного стального шпунта, а иногда и осевая линия стенки горячекатаного стального шпунта. Точка наблюдения оси позиционирования может быть установлена на продолжении начальной или конечной точки оси позиционирования. Поскольку давление грунта, создаваемое при обратной засыпке, может привести к наклону шпунтовых свай из горячекатаной стали вперед, можно рассмотреть возможность смещения оси расположения свай наружу от котлована на 5–10 см.

Установка направляющих рам

В процессе строительства направляющие рамы могут использоваться для обеспечения устойчивости забивки горячекатаных стальных шпунтовых свай, точного контроля положения свай и обеспечения качества свайной стенки. Направляющая рама должна быть двустороннего типа (при слабом грунтовом слое и небольшой длине сваи допускается применение и одностороннего типа). Она должна обладать определённой прочностью и жёсткостью, не должна проседать и деформироваться вместе с забиваемыми стальными сваями. Монтаж направляющей рамы должен соответствовать следующим правилам:

Используйте теодолиты и уровни для контроля и регулировки положения и вертикальности направляющих и направляющих швеллеров;

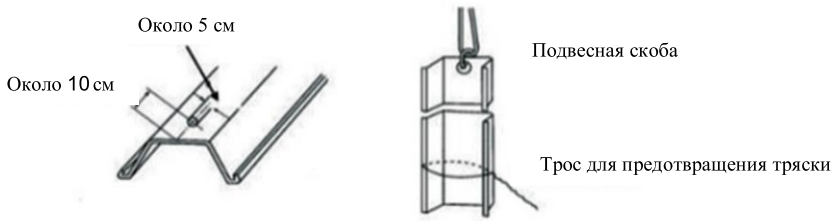
Установите направляющие сваи параллельно оси расположения стенки из горячекатаного стального шпунта, на расстоянии от 2 до 4 метров между направляющими сваями, а между направляющими сваями и горячекатаным стальным шпунтом закрепите направляющие балки;

Высота направляющей балки должна быть на 300~500 мм ниже проектной высоты оголовка горячекатаного стального шпунта;

Между направляющей балкой и стенкой из горячекатаного стального шпунта необходимо оставить зазор 10–30 мм.

Подготовка к установке горячекатаных стальных шпунтовых свай

Доставленные на строительную площадку горячекатаные стальные шпунтовые сваи должны быть уложены таким образом, чтобы их можно было легко поднимать и транспортировать. Маркировка каждой горячекатаной стальной шпунтовой сваи с указанием ее модели, номера и длины перед забивкой очень полезна для последующей установки. Кроме того, в центре стенки на 100 мм ниже верха корпуса сваи можно вырезать отверстие диаметром около 50 мм, а горячекатаные стальные шпунтовые сваи можно соединить подъемным тросом для обеспечения безопасной транспортировки. При этом к нижней части привязывается мягкий трос, который сдерживает сильные колебания горячекатаного стального шпунта во время подъема.



Норма допустимой погрешности качества конструкции горячекатаных стальных шпунтовых свай

Установка горячекатаных стальных шпунтовых свай на место

Первая горячекатаная шпунтовая свая является эталоном всей горячекатаной шпунтовой стены. Её необходимо установить аккуратно и правильно, без наклона и смещения, используя теодолит. Последующие сваи из горячекатаной стали необходимо аккуратно поднять на нужную высоту, убедившись, что они соединены с ранее установленными сваями из горячекатаной стали с помощью замковых зажимов, не допуская наклона и смещения. Также убедитесь, что сваи из горячекатаной стали погружены на глубину, предотвращающую обрушение.

Забивка сваи

Выберите способ забивки свай в соответствии с условиями строительной площадки и выполните работы организованно после определения способа забивки свай.

Оценка качества работ

Качество изготовления горячекатаных стальных шпунтовых свай должно оцениваться в процессе строительства и после его завершения. Содержание контроля качества и допустимые погрешности приведены в таблице ниже:

Пункт	Метод измерения	Частота измерения	Единица измерения	Отчет об измерении	Допустимая погрешность
Свайные работы	Протокол свайных работ	1 шт. / 40 шт.		Предоставлен протокол работ	
Продольная длина свайной стенки	Используйте стальную рулетку и т.п. (в верхней части сваи)	Во время забивания свай; после завершения забивания свай	1 см	Составьте и отправьте контрольный список	≤ ширина одинарной сваи
Расстояние от оси позиционирования стены	Используйте теодолит, стальную рулетку и т. д.	После завершения забивки свай: 1 шт. / 20 шт. Точки, отличающиеся от оси позиционирования	1 см	Составьте и отправьте контрольный список	±10 см
Наклон от оси позиционирования стены	Использование теодолита, отвеса, инклинометра и т. д.	После завершения забивки свай: 1 шт. / 20 шт. Точки, отличающиеся от оси позиционирования	1‰	Составьте и отправьте контрольный список	≤ 10‰
Наклон к оси расположения стены	Использование теодолита, отвеса, инклинометра и т. д.	Во время забивания свай; после завершения забивания свай (в конце)	1‰ (1 см)	Составьте и отправьте контрольный список	Разница в ширине верха и низа ≤ 10‰ от ширины одинарной сваи
Высота верха сваи	Используйте уровень	После завершения забивки свай: 1 шт. / 20 шт.	1 см	Составьте и отправьте контрольный список	±10 см
Блокировка замка	Наблюдение	Все сваи		Предоставьте результат проверки	

Проверка

При непосредственной близости от зданий и подземных трубопроводов необходимо осуществлять мониторинг окружающей среды вокруг котлована в процессе забивки и извлечения стальных горячекатаных шпунтовых свай. Мониторинг должен включать в себя контроль вибрации, шума и деформации зданий и трубопроводов. Любые отклонения в результатах мониторинга требуют незамедлительной корректировки проекта строительства. Помимо учета деформации, вызванной выемкой грунта, предупреждающие значения зданий и трубопроводов вокруг котлована также должны учитывать деформацию, вызванную этапами погружения и подъема горячекатаных стальных шпунтовых свай.

Глубокие точки контроля горизонтальных смещений должны быть заглублены в грунт за сваями. Длина трубки инклинометра должна быть не менее 1,5 глубины котлована и должна быть больше глубины стенки из горячекатаного стального шпунта. Если в качестве фиксированной отправной точки используется нижняя часть трубы инклинометра, нижняя часть трубы должна быть заглублена в устойчивый грунт.

Оценка безопасности применения горячекатаных стальных шпунтовых свай: Эксплуатационные характеристики и качество всех горячекатаных стальных шпунтовых свай должны соответствовать требованиям безопасности соответствующих стандартов. После семикратного использования необходимо организовать испытание на безопасность, которое должно соответствовать требованиям соответствующих стандартов на продукцию (или испытание на безопасность должно проводиться один раз в год).

3. Извлечение и переработка свай

Перед переработкой горячекатаных стальных шпунтовых свай необходимо разработать план переработки с учетом хода строительства подземного сооружения, расположения опорной конструкции, деформации котлована и условий на месте переработки. Горячекатаные стальные шпунтовые сваи могут извлекаться методом вибрации или статического извлечения. Выбор технологии извлечения должен учитывать такие факторы, как геологические условия, условия работы на объекте, уровень шума, вибрации, технические характеристики и длина горячекатаных стальных шпунтовых свай. Технические характеристики и модели оборудования для извлечения и подъёма свай следует выбирать на основе расчёта сопротивления извлечению свай. Перед извлечением горячекатаных стальных шпунтовых свай необходимо соблюсти следующие условия:

Выполнены надёжные работы по замене опор в соответствии с проектными требованиями.

Опоры, анкерные головки, ограждения и другие вспомогательные элементы, соединённые со стальными шпунтовыми сваями, были сняты послойно.

Фундаментная траншея засыпана в соответствии с проектными требованиями.

Порядок извлечения свай должен быть обратен порядку их погружения. Для закрытых шпунтовых стенок из горячекатаной стали начальная точка извлечения свай должна находиться на расстоянии не менее 5 свай от угла. При высоких требованиях к защите окружающей среды целесообразно производить извлечение штабелей поэтапно, секциями и интервалами. При извлечении свай следует обращать внимание на нагрузку на копер. Если извлечение затруднено или невозможно, извлечение сваи следует прекратить. Можно использовать вибромолот, чтобы сначала забить сваю на глубину 100–300 мм, а затем попеременно вибрировать и вытаскивать, повторяя этот процесс до тех пор, пока свая не будет извлечена.

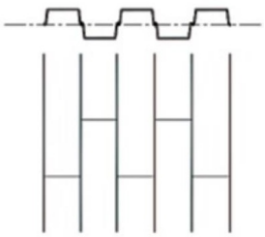
Выбоины или пустоты в грунте, образовавшиеся в результате извлечения свай, необходимо своевременно заделывать. В зависимости от размера отверстий можно использовать песок, цементный раствор или двухкомпонентную заливку. Заполнение может осуществляться методом вибрирования, уплотнения и инъекции. Обратная засыпка должна быть плотной и без зазоров. Для проектов со строгими требованиями к деформации, таких как окружающие здания, подземные трубопроводы или дороги, необходимо усилить контроль деформации в процессе извлечения свай.

В целях безопасности строительства и охраны окружающей среды, после проведения проектной оценки и расчета, горячекатаные стальные шпунтовые сваи также могут быть подвергнуты вторичной переработке без их извлечения, превращая временную конструкцию в часть постоянного сооружения.

IV. Основные правила использования горячекатаных стальных шпунтовых свай

1. Наращивание сваи

Горячекатаные шпунтовые сваи длиной не более 18 метров следует укладывать как цельные сваи и не соединять их стыками. Если стыков избежать невозможно, стыки следует устанавливать в местах с наименьшей нагрузкой на тело сваи, а в местах стыков применять равнопрочные стыки. Стыки соседних свай следует располагать поочередно и в шахматном порядке, при этом расстояние между ними должно быть не менее 5 метров.

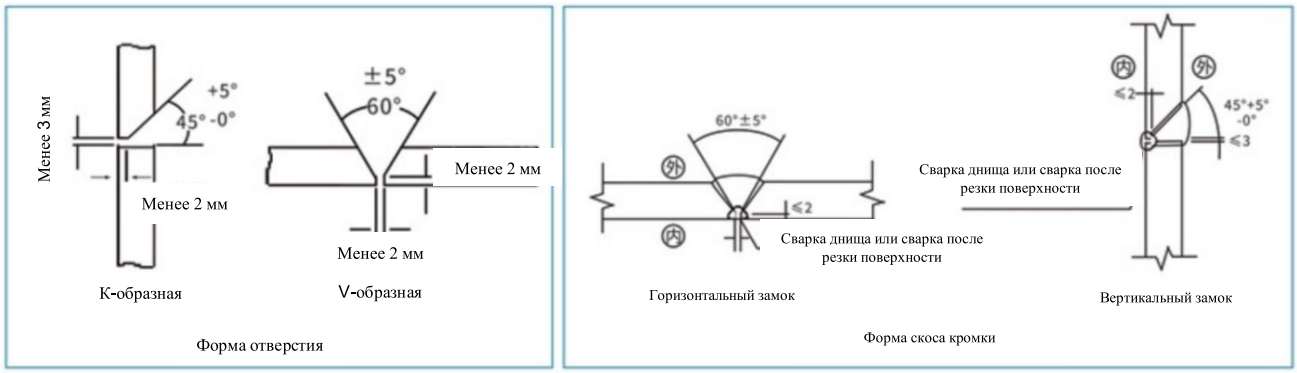


Устройство стыка шпунтовых свай из горячекатаной стали

При соединении стальных горячекатаных шпунтовых свай качество сварных швов в местах соединения должно соответствовать требованиям действующих технических условий. Сварка выполняется в следующем порядке:

Скашивание кромки

Горячекатаные стальные шпунтовые сваи обычно свариваются стыковой сваркой, и перед сваркой требуется скашивание кромки. Форма отверстия в корпусе сваи может быть К-образной или V-образной, а форма паза в запирающей части показана на рисунке ниже.



Требования к сварке

При сварке горячекатаных стальных шпунтовых свай ток, напряжение сварочного аппарата и скорость перемещения электрода должны быть установлены в соответствии с материалом шпунта.

Толщина местной арматуры

Для обеспечения качества при эксплуатации, если длина сварной сваи превышает 20 метров, к внутренней стороне сваи в месте соединения обычно приваривается ромбовидная арматурная пластина. При необходимости к боковым сторонам сваи могут быть приварены меньшие по размеру прямоугольные арматурные пластины.



Принципиальная схема сварки арматурной пластины из горячекатаного стального шпунта

Сварка днища

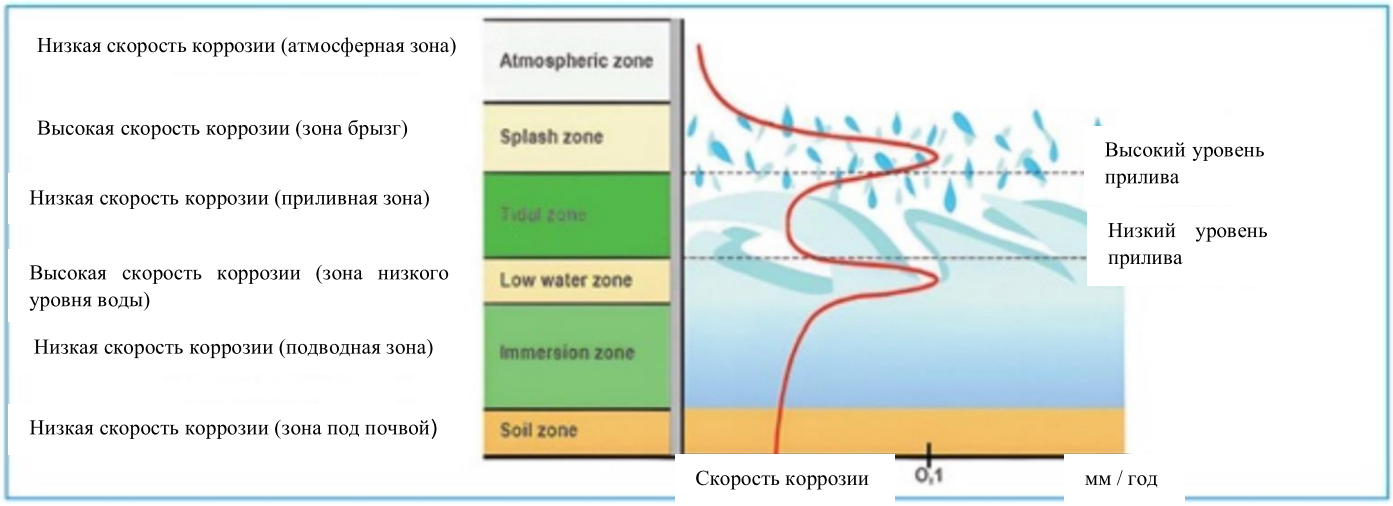
После удаления остатков поверхностного сварного шва вырезается канавка глубиной от 3 до 6 мм для обеспечения хорошего проплавления расплавленного металла. Затем выполняется сварка днища.



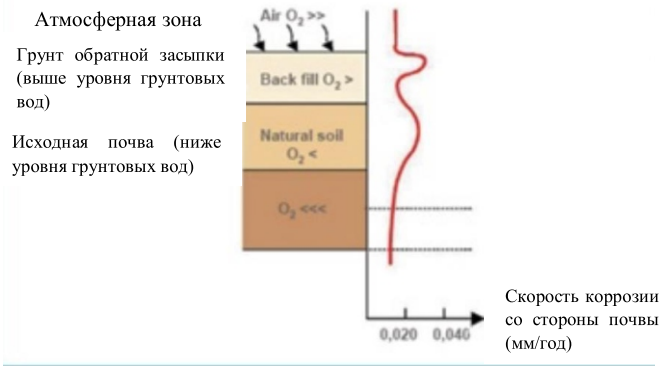
Принципиальная схема сварки днища горячекатаного стального шпунта

2. Долговечность

Коррозия горячекатаных стальных шпунтовых свай в морской воде (средняя скорость коррозии с одной стороны)



Коррозия горячекатаных стальных шпунтовых свай в грунте (средняя скорость коррозии с одной стороны)



Причины коррозии:

- Распределение слоёв грунта с различными свойствами: материал засыпки;
- Содержание растворимых солей (C12, SO4);
- Влажность и уровень грунтовых вод;
- Электропроводность ненарушенной почвы;
- Кислотность и щелочность почвы;
- Бактериальная активность в почве (сульфат может подавлять рост бактерий);

Равномерная коррозия стальных шпунтовых свай в почве:

Скорость коррозии обычно составляет 0,10–0,20 мм/год

- Коррозию в нетронутой почве можно игнорировать (за исключением аргиллита).
- Скорость коррозии в обычной пресной воде низкая.
- Необходимо учитывать коррозию в морской воде (зоны брызг и зоны отлива).

Толщина коррозии (мм): (по европейским стандартам)					
Расчетный срок службы (лет)	5	25	50	75	100
Природный грунт (песок, глина и т. д.)	0.00	0.30	0.60	0.90	1.20
Обычная пресная вода: уровень воды	0.15	0.55	0.90	1.15	1.40
Морская вода: Постоянно затопленная зона и приливная зона	0.25	0.90	1.75	2.60	3.50
Морская вода: Зона брызг и зона отлива	0.55	1.90	3.75	5.60	7.50

Классификация коррозии в атмосферной среде и типичные экологические случаи						
	Потеря массы и толщины на единицу площади (после 1 года воздействия)					
Уровень коррозии	Низкоуглеродистая сталь		Цинк		Внешняя часть	Внутренняя часть
	Потеря массы г/м^2	Потеря толщины, г/м^2	Потеря массы г/м^2	Потеря толщины г/м^2		
С1 очень низкий	≤10	≤1.3	≤0.7	≤<0.1	/	Чистый воздух внутри отапливаемых зданий, таких как офисы, магазины, школы и гостиницы.
С2 низкий	100-200	1.3-25	0.7-5	0.1-0.7	Низкий уровень загрязнения воздуха наблюдается преимущественно в сельской местности.	Неотапливаемые здания, где может образовываться конденсат (например, склады, стадионы и т.д.)
С3 средний	200-300	25-50	5-15	0.7-2.1	Городская и промышленная атмосфера, умеренное загрязнение диоксидом серы и прибрежные районы с низкой соленостью	На производственных предприятиях с высокой влажностью и некоторым загрязнением воздуха, таких как заводы по переработке продукции, прачечные, винодельческие заводы, молочные заводы и т. д.
С4 высокий	400-650	50-80	15-30	2.1-4.2	Промышленные районы и прибрежные зоны со средней соленостью	Химические заводы, бассейны, прибрежные суда и верфи и т. д.
С5-I очень высокий (промышленный)	650-1500	80-200	30-60	4.2-8.4	Промышленные зоны с высокой влажностью и суровой атмосферой	Новые здания и районы, где по-прежнему образуется конденсат и наблюдается высокий уровень загрязнения
С5-М очень высокий (океан)	650-1500	80-200	30-60	4.2-8.4	Прибрежные и морские районы с высокой соленостью	Новые здания и районы, где по-прежнему образуется конденсат и наблюдается высокий уровень загрязнения
Примечание: 1. Величина потерь, используемая для определения коррозионной категории, совпадает с величиной, указанной в стандарте ISO9332; 2. В районах с высокой температурой и влажностью у моря потеря массы или толщины будет превышать классификацию С5-М. Поэтому при выборе систем антикоррозионного покрытия в этих зонах следует соблюдать особую осторожность.						

3. Антикоррозионные меры

Основными мерами по защите от коррозии горячекатаных шпунтовых свай являются: пассивация, резервная толщина коррозионного слоя, добавление легирующих элементов, использование стали с высоким пределом текучести, антикоррозионное покрытие, напыление металла против коррозии (горячее цинкование, алюминирование) и катодная защита.

Обычно для защиты внутренних водных путей используется антикоррозионное покрытие на основе эпоксидной смолы с полиаминным отверждением и система сухой плёнки. Если проект предъявляет высокие требования к цвету и блеску, можно использовать полиуретановое финишное покрытие.

Антикоррозионная защита методом цинкового напыления, как правило, не применяется из-за своего воздействия на окружающую среду. Она применяется только на ответственных конструкциях с суровыми условиями эксплуатации и особо высокими требованиями к антикоррозионной защите.

Классификация антикоррозионных частей горячекатаных шпунтовых свай						
Условия покрытия	Классификация	Атмосферная зона	Зона брызг	Зона изменения уровня воды	Подводная зона	Зона под илом
Есть условия покрытия	В соответствии с расчетным уровнем воды	Расчетный высокий уровень воды плюс более 1,5 м	Между нижней границей атмосферной зоны и расчетным максимумом уровня воды минус 1,0м	Расстояние между нижней границей зоны всплеска волны и расчетным минимумом воды составляет минус 1,0 м	От нижней границы зоны колебания уровня воды до поверхности морского ила	Под поверхностью морского ила
Нет условий покрытия	В соответствии с расчетным уровнем воды	Расчетный высокий уровень воды плюс n_o+1,5 м) или более	Между нижней границей атмосферной зоны и расчетным уровнем воды минус n_o	Расстояние между нижней границей зоны всплеска волны и расчетным минимумом воды составляет минус 1,0 м	От нижней границы зоны колебания уровня воды до поверхности морского ила	Под поверхностью морского ила
	Согласно астрономическому уровню прилива	Уровень видимого астрономического прилива плюс 0,7 эффективной высоты волны за 100 лет $h_{1/3}$ или более	Площадь между нижней границей атмосферной зоны и наивысшим приливным уровнем за вычетом эффективной высоты волны за 100 лет	Нижняя граница зоны брызг находится между самым низким астрономическим уровнем прилива минус 0,2 эффективной высоты волны за 100 лет $H_{1/3}$	От нижней границы зоны колебания уровня воды до поверхности морского ила	Под поверхностью морского ила

Для горячекатаных стальных шпунтовых свай, используемых постоянно, могут быть приняты следующие меры по защите от коррозии:

Метод учета допуска на коррозию: В зависимости от коррозионной среды и срока службы горячекатаного стального шпунта, толщина поперечного сечения горячекатаного стального шпунта, эквивалентная величине коррозии, оценивается заранее на этапе проектирования. Расчет коррозионной составляющей: скорость коррозии в конкретной коррозионной среде умножается на срок службы. Этот метод также может быть использован для временных сооружений в океане, портах и других средах.

Метод нанесения покрытия: Метод нанесения покрытия заключается в нанесении краски на поверхность горячекатаного стального шпунта для предотвращения коррозии, вызываемой атмосферой или морской водой. При этом методе сначала производится пескоструйная или дробеструйная очистка базового слоя, затем в качестве грунтовки используется органическая или неорганическая цинконаполненная краска, а в качестве верхнего слоя — эпоксидная краска.

Метод бетонирования: Покройте поверхность горячекатаных стальных шпунтовых свай бетоном или цементным раствором для защиты от коррозии. Поддержание щелочности бетона посредством химических реакций цемента с водой может предотвратить ржавление горячекатаных стальных шпунтовых свай. При использовании этого метода необходимо оставить защитный слой достаточной толщины, предотвратить растрескивание и отслоение.

Электрохимическая защита от коррозии: Электрохимическая защита от коррозии использует постоянный ток для устранения разности потенциалов между положительным и отрицательным электродами на поверхности металла. Горячекатаные стальные шпунтовые сваи, находящиеся в воде или грунте, подключаются к отрицательному электроду источника постоянного тока в качестве анода, а ток, подключенный к положительному электроду, проходит через воду или грунт, обеспечивая прот екание тока к поверхности горячекатаных стальных шпунтовых свай.

Коррозионно-стойкая сталь: Коррозионно-стойкая сталь может также использоваться в атмосферных условиях и пресноводных зонах.

4. Остановка подачи воды

Герметизирующий эффект фиксации свай гор ячекатаными стальными шпунтами связан со многими факторами, такими как форма и степень защемления самого запирающего устья, деформация изгиба после инъекции, наклон, коррозия под воздействием воды и почвы, геологические условия и т. д.

Стена, состоящая из непрерывных стальных горячекатаных шпунтовых свай, сама по себе является водонепроницаемой конструкцией. Для облегчения забивки свай в устье шлюза оставляется небольшой зазор.

В реальных условиях водопроницаемость устья шлюза со временем будет уменьшаться из-за постоянного попадания песка и грунта в устье шлюза и образования засоров.

При необходимости достижения водоостановочного эффекта сразу после забивки свай или при выполнении более строгих требований к водоостановке следует принять противофильтрационные меры.

Наиболее распространенный метод — это использование специальных водонепроницаемых материалов для покрытия горловины замка или полная заварка горловины замка.

Принципиальная схема водозащитного материала

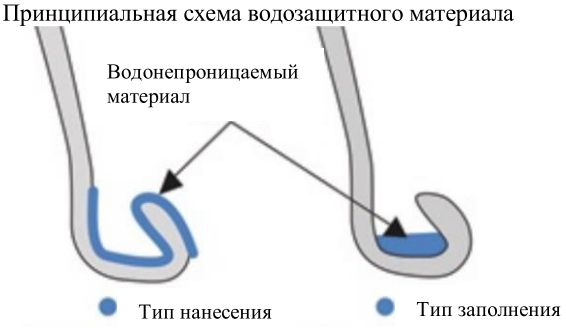


Схема закрытого состояния горячекатаного стального шпунта после использования гидроизоляционного материала



Расширяющийся водонепроницаемый материал

Эффект и экономическая оценка			
Водонепроницаемая система герметизации	Расход замкового устройства (м²/сек/м)		Простота применения
	100 КПа	200 КПа	
Замковое устройство не обработано	>100	*	-
Асфальтовый наполнитель	<60	Не рекомендуется	Легко
Водорастворимый пломбировочный материал	≤0.3	0.3	Средне
Сварка замкового устройства	0	0	Применяется только после того, как будет вырыт котлован для фундамента

5. Способ укладки свай

К распространенным методам забивки горячекатаных стальных шпунтовых свай относятся забивание молотком, вибрация и статическое давление. Перед началом строительства необходимо определить соответствующую технологию, оборудование, методы и параметры забивки свай с учетом типа и модели горячекатаных стальных шпунтовых свай, глубины забивки свай, состояния пласта, условий строительной площадки, требований к окружающей среде и местного инженерного опыта. Характеристики этих методов забивки свай заключаются в следующем:

(1) Способ забивания молотком

Этот метод обеспечивает большую ударную силу, хорошую маневренность и высокую скорость удара, но свайный молот должен быть подходящим, чтобы предотвратить повреждение оголовка сваи при ударе. Забивка свай создаёт шум и вибрацию, поэтому её применение ограничено в жилых районах, школах, больницах и других прилегающих районах, а также в других определённых зонах. К типам свайных молотов относятся забивные молотки с дизельным двигателем, гидравлические забивные молотки, забивные отбойные молотки, пневматические забивные молотки и т.д.

Глубина проникновения при ударном методе зависит от различных факторов, таких как состояние фундамента, тип горячекатаного стального шпунта и метод установки свай.

На основе опыта максимальная глубина забивки для некоторых спецификаций указана в таблице ниже.



На рисунке изображен дизельный сваебойный молот

Тип стальной сваи	Состояние наголовника сваи	Рыхлая земля (м)	
		Забивка 1 сваи	Забивка 2 сваи
PU400*125	Хорошо	16	20
PU600*180	Средне	16	20
PU600*205	Плохо	16	20
PU400*170 PU600*210	Хорошо	19	24
	Средне	19	24
	Плохо	19	24
PU600*226 PU500*200	Хорошо	22	28
	Средне	22	28
	Плохо	22	28
PU600*225 PU500*225	Хорошо	26	34
	Плохо	26	34
	Средне	26	28

Меры предосторожности при строительстве:

При забивании свай следует выбирать молот с учетом таких факторов, как геологические условия, модель стальной горячекатаной шпунтовой сваи, схема расположения свай, глубина заглубления, условия строительной площадки, требования к окружающей среде и местный инженерный опыт.

При забивке свай молотом необходимо предусмотреть наголовник. Наголовник должен соответствовать по форме молоту и располагаться на одной оси с телом сваи. Зазор между наголовником и горячекатаным стальным шпунтом должен составлять 5–10 мм.

При забивке свай в твердую глину целесообразно использовать тяжелый молот с низким ударом;

При забивке свай в плотный песчаный грунт целесообразно использовать небольшой молот и быстрый метод забивки;

Глубина каждой сваи, забиваемой в грунт, должна строго контролироваться и не должна превышать 300~500 мм;

При обнаружении резких изменений скорости проникновения, внезапного наклона или смещения тела сваи, а также серьезного отскока, повреждения вершины или тела сваи следует приостановить забивку свай и принять соответствующие меры после анализа причин.

(2) Метод вибрации

Вертикальная сила вибрации, создаваемая вибропогружателем, передается на горячекатаный стальной шпунт, заставляя его вибрировать вверх и вниз и таким образом заглубляться в грунт. Этот метод обладает высокой эффективностью конструкции и более удобен для ввода и извлечения.

Мгновенный ток электрического вибромолота очень велик и требует большого количества источников электропитания; гидравлический вибромолот должен быть оснащен специальным гидравлическим устройством. Если грунт твёрдый и труднопроходим для вибропогружателя, его можно использовать вместе с устройством для распыления воды под высоким давлением. Максимальная глубина проникновения для некоторых моделей указана в таблице ниже.



На рисунке показан электрический вибромолоток

Способ	Тип стальной сваи	Значение N (стандартное инерционное значение)	Значение N (среднее)	Максимальная глубина, на которую можно проникнуть, м
Вибрационный молот	PU40CT125, PU600*180, PU600*205	30	12	17
	PU400*170, PU600*210	40	16	22
	PU600*226, PU500*200	50	20	27
	PU600*25, PU500*225	50	20	32
Вибрационный молот + устройство для распыления воды под высоким давлением	PU40CT125, PU600*180, PU600*205	60	24	21
	PU400*170, PU600*210	80	32	26
	PU600*226, PU500*200	80	40	31
	PU600*225, PU500*225	80	40	36

Меры предосторожности при строительстве:

Основные моменты вибропогружения горячекатаных стальных шпунтовых свай:

Размещение и разбивка: Согласно плану забивки свай, геодезист сначала определяет ось стального горячекатаного шпунта. Направляющие сваи можно установить на определённом расстоянии друг от друга, а затем использовать подвесной трос в качестве направляющего троса для контроля оси стального шпунта во время забивки.

После того как свая будет поднята на место с помощью вибропогружателя, ее необходимо сначала забить, а вертикальность стального шпунта следует откорректировать с помощью теодолита или отвеса, прежде чем свая будет окончательно забита с помощью вибрации. Первая горячекатаная стальная шпунтовая свая должна быть вставлена и забита прямо в качестве направляющей сваи, чтобы не оказывать воздействия на следующие горячекатаные стальные шпунтовые сваи.

Порядок забивки: первые 20 свай следует забивать в обе стороны, перепрыгивая слева направо. После формирования цельной свайной стенки забивку следует вести непрерывно в одну сторону, чтобы предотвратить наклон свай в процессе забивки.

(3) Метод статического давления

В условиях слабого основания сила реакции забивных стальных шпунтовых свай используется для зажима средней части корпуса в грунте с помощью гидравлического механизма. Благодаря компактным размерам машина подходит для строительства под балками, обеспечивая работу в непосредственной близости. Она также может автономно перемещаться по горячекатаным стальным шпунтовым сваям. Однако для подъёма свай требуется специальный кран. Кроме того, в случае жесткого фундамента горячекатаные стальные шпунтовые сваи можно запрессовывать с помощью гидравлического пресса во время или после бурения скважины с помощью оснащенной шнековым буровым станком и устройством для забивки стальных шпунтовых свай. Благодаря использованию втулок повышается жесткость при проникновении, что затрудняет скручивание горячекатаных стальных шпунтовых свай.

Данный метод строительства обеспечивает низкий уровень шума и вибрации, а также максимальное вертикальное погружение тела сваи в грунт. Благодаря этому качество забивки свай очень высокое, и она применима в широком диапазоне грунтов. Максимальная глубина забивки для некоторых типов свай указана в таблице ниже.



На рисунке показана гидравлическая укладка свай

Способ	Тип стальной сваи	Значение N (стандартное инерционное значение)	Значение N (среднее)	Максимальная глубина, на которую можно проникнуть, м
Метод статического давления	PU400.125. PU600*180, PU600*205	30	12	15
	PU400*170, PU600*210	30	12	20
	PU600*226, PU500*200	30	15	25
	PU600*230, PU500*225	30	15	30
Метод статического давления + устройство для распыления воды под высоким давлением	PU400.125. PU600*180, PU600*205	50	20	18
	PU400*170, PU600*210	50	20	23
	PU600*226, PU500*200	50	20	28
	PU600*230, PU500*225	50	20	33

Меры предосторожности при строительстве:

При статической забивке свай целесообразно осуществлять непрерывную забивку свай на проектную высоту за один прием, разумно контролировать скорость забивки, сокращать время промежуточных пауз и не допускать нахождения конца сваи в слое песка.

При выборе оборудования для забивки свай статическим давлением необходимо учитывать следующее: модель вибропогружателя, его качество, максимальное давление и т. д.; общие и транспортные габариты вибропогружателя; минимальное поперечное расстояние и максимальное усилие забивки сваи вибропогружателя; тип зажимного механизма; количество и диаметр гидроцилиндров, а также соответствие показаний калиброванного манометра усилию забивки сваи.

При возникновении любой из следующих ситуаций необходимо приостановить забивку свай, проанализировать причину и принять соответствующие меры: показания манометра показывают явное несоответствие ситуации свойствам грунта, указанным в отчете по обследованию; свая с трудом проходит через твердую прослойку; возникает ненормальный шум или рабочее состояние сваебойной машины ненормальное; зажимной механизм проскальзывает.

Вышеуказанный метод изготовления шпунтовых свай из горячекатаной стали и соответствующие характеристики оборудования приведены в таблице ниже:

Способ забивки свай		Способ забивания молотком				Метод вибрации	Метод статического давления	
		Дизельный молот	Паровой молот	Гидравлический молот	Падающий молот	Вибрационный молот	Гидростатический пресс	Гидравлический статический пресс с буровой машиной
Принцип работы		Взрыв дизельного топлива заставляет поршень двигаться и заставляет молот падать	Пар заставляет поршень циркулировать, заставляя свайный молот падать	Гидравлическое давление заставляет поршень двигаться, заставляя свайный молот принудительно или свободно падать	Свайный молот свободно падает благодаря самоподвесу через подъемник	Сила вибрации вверх и вниз свайного молота	Соединенные сваи вдавливаются на место гидравлическим способом	После того, как буровая установка пробурит скважину, свая вдавливается в скважину с помощью гидравлического устройства
Геологические условия	Мягкая почва	Не подходит	Не подходит	Не подходит	Подходит	Подходит	Подходит	Подходит
	Глина	Подходит	Подходит	Подходит	Подходит	Подходит	Подходит	Подходит
	Песчаная почва	Подходит	Подходит	Подходит	Не подходит	Подходит	Подходит	Подходит
	Твердая почва	Подходит	Подходит	Подходит	Не подходит	Подходит	Не подходит	Подходит
Размер оборудования		Большой	Большой	Большой	Маленький	Большой	Средне	Большой
Шум		Большой	Большой	Средне	Средне	Средне	Маленький	Маленький
Вибрация		Большой	Большой	Большой	Средне	Большой	Маленький	Маленький
Потребление энергии		Большой	Большой	Большой	Маленький	Большой	Средне	Средне
Скорость строительства		Быстро	Быстро	Быстро	Медленно	Медленно	Средне	Средне
Преимущества		Высокая эффективность строительства	Регулируемая сила забивания	Регулируемая сила забивания	Оборудование с регулируемой силой забивки свай отличается простотой	Возможно как забивка, так и извлечение свай	Забивка и извлечение свай могут осуществлятьс я с низким уровнем шума и вибрации	Забивка и извлечение свай могут осуществлять ся с низким уровнем шума и вибрации
Недостатки		Сильный шум и вибрация, а также разбрызгивание смазочного масла	Сильный шум и вибрация	Большая вибрация	Низкая эффективность строительства	Высокий уровень шума и вибрации	Низкая эффективность строительства	Низкая эффективность строительства

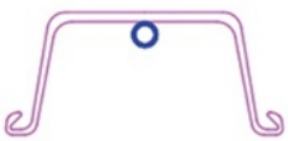
При строительстве горячекатаных стальных шпунтовых свай необходимо всесторонне учитывать воздействие шума, вибрации и выдавливания грунта во время забивки и извлечения на окружающую среду. Необходимо выбрать рациональные методы и оборудование для строительства горячекатаных стальных шпунтовых свай, а также принять необходимые меры по защите окружающей среды для поддержания этих воздействий в допустимых пределах. Метод забивки свай не следует применять в городских условиях из-за повышенного уровня шума и вибрации. В условиях повышенных требований к охране окружающей среды на строительной площадке следует применять метод вибрации или статического давления при забивке свай. При использовании метода вибропогружения свай следует использовать малошумный вибропогружатель. Метод статического давления при забивке свай следует применять в условиях строгих требований к уровню вибрации и шума.

При использовании вибропогружателя или ударного метода забивки свай для снижения воздействия шума и вибрации на окружающую среду можно выбрать соответствующее вибропогружающее оборудование в зависимости от геологических условий. Динамически регулируйте частоту и амплитуду вибропогружателя, чтобы избежать резонансных колебаний грунта вокруг горячекатаных стальных шпунтовых свай. Предпочтительным является безрезонансный метод забивки свай гидравлическим вибропогружателем. Одновременно первые 20 свай следует забивать последовательно, прыгая слева направо, в обе стороны. После формирования секции горячекатаного стального шпунта их следует закрепить с одной стороны и забивать непрерывно.

При строительстве в твердых слоях грунта с чрезмерным сопротивлением забивке свай можно использовать такие вспомогательные меры, как предварительное бурение или очистка струей воды под высоким давлением в сочетании с забивкой свай, чтобы уменьшить сопротивление забивке свай, значительно повысить эффективность и в то же время снизить шум и вибрацию при забивке свай.

При использовании метода предварительного бурения вспомогательных отверстий параметры диаметра, количества, расстояния и глубины предварительных отверстий могут определяться в зависимости от типа сечения, спецификации горячекатаных стальных шпунтовых свай и характеристик грунта. Диаметр вспомогательных отверстий не должен превышать ширину горячекатаной стальной шпунтовой сваи (диаметр может быть на 50–100 мм меньше ширины сваи), глубина должна быть на 2–3 м меньше длины сваи. При проведении работ по бурению вспомогательных отверстий следует минимизировать количество извлекаемого грунта и выполнять погружение свай непосредственно после бурения.

При использовании гидроструйной очистки в качестве вспомогательной меры на строительной площадке необходим воздушный компрессор для выработки энергии воды под высоким давлением. При этом количество, местоположение и напор воды в водопроводных трубах следует определять в соответствии с типом поперечного сечения, техническими характеристиками и свойствами грунта горячекатаных стальных шпунтовых свай, а расход воды следует максимально снижать за счет разумной настройки параметров процесса. Расположение устройства распыления воды под высоким давлением показано в следующей таблице.

Количество разбрызгивающих труб (шт.)	Способ расположения	Количество разбрызгивающих труб (шт.)	Способ расположения
1		2	

При наличии вблизи мест строительства шпунтовых свай особо важных зданий (сооружений) или общественных мест уровень шума и вибрации можно контролировать в пределах допустимых норм путем установки звукопоглощающих материалов на тело сваи, звукоизоляционных экранов, виброизоляционных поясов или виброизоляционных траншей. Ширина виброизоляционной траншеи может составлять 0,5–1,0 метра, а глубина должна зависеть от состояния грунта и способности склона быть самонесущим.

При возникновении следующих нештатных ситуаций при погружении свай необходимо приостановить погружение свай, проанализировать причину и принять соответствующие меры противодействия:

Метод забивания молотом: большие изменения глубины проникновения, внезапный наклон или смещение тела сваи, сильный отскок, повреждение верха или тела сваи и т. д.

Метод вибрации: деформация выпучивания верха сваи, повреждение замка и т.п.;

Метод статического давления: аномальные показания манометра, аномальные шумы, проскальзывание зажимного механизма, чрезмерное смещение вверх реактивной сваи и т. д.

(4) Вспомогательные меры

При столкновении с твердыми породами, такими как слои твердой глины, плотный песок, гравийный грунт, слои горных пород и т. д., в сочетании с забивкой свай можно применять такие вспомогательные меры, как гидромониторная очистка и предварительное бурение.

На обширных участках грунта для облегчения погружения свай используется гидроструйная обработка. Перед погружением свай следует провести техническую обработку, чтобы определить оптимальный расход воды.

Когда нет требований к водонепроницаемости, также можно использовать соединение с крупным замком типа «ласточкин хвост».

6. Технические стандарты и программное обеспечение для проектирования

Основные технические стандарты применения горячекатаных стальных шпунтовых свай	
GB/T 20933-2021	Горячекатаные стальные шпунтовые сваи
GB/T 51295-2018	Технические стандарты проектирования стальных коффердамов
CB/T 8528-2017	Технические характеристики стальных пластинчатых свай для гидротехнических сооружений на верфях
YB 9258-97	Технические условия на проектирование котлована для строительства фундамента
JGJ 120-2012	Технические правила по устройству котлованов для фундаментов зданий
JGJ 167-2009	Технические правила по безопасности при устройстве строительных котлованов на просадочных лессовых территориях
JTS 167-2018	Нормы проектирования причальных сооружений
T/CECS 720-2020	Технические правила стальных шпунтовых опор
T/CECS 937-2021	Технические правила сборных опор для котлованов
DBJ53/T-74-2015	Технические правила на стальные шпунтовые опоры в строительных котлованах
DB42/T 1035-2015	Технические правила на горячекатаные шпунтовые сваи типа U
DB32/T 3755-2020	Технические правила на комбинированные стальные шпунтовые опоры типа U и H
DB34/T 3946-2021	Технические правила на стальной шпунтовой фундамент для котлована
DBJ/T 15-214-2021	Технические правила на стальные шпунтовые опоры глубоких котлованов
DB29-202-2010	Технические правила на строительство котлованов для фундамента в городе Тяньцзинь
DB33/T 1096-2014	Технические правила по проектированию котлованов в провинции Чжэцзян
DB11/489-2016	Технические правила по строительству опор котлованов в Пекине
DG/TJ 08-61-2018	Технические стандарты проектирования котлована для фундамента в Шанхае

Основное программное обеспечение для проектирования горячекатаных стальных шпунтовых свай

- **Распространенное программное обеспечение для проектирования в Китае:**

1. Программное обеспечение Lizheng для проектирования котлованов глубоких фундаментов;
2. Программное обеспечение Tongji Qimingxing, в основном используемое для проектирования подпорных стенок котлованов (1 и 2 не могут рассчитывать проекты свай из горячекатаной стальной шпунтовой защиты в воде);
3. Программное обеспечение для проектирования методом конечных элементов (Asnsys, SAP, Plaxis и другое программное обеспечение).

- **Зарубежное программное обеспечение для проектирования:**

1. Программное обеспечение Prosheet, в основном используемое для проектирования горячекатаных стальных шпунтовых свай (одиночная опора или одинарный ступенчатый трос);
2. Программное обеспечение Rido, в основном используемое для проектирования горячекатаных стальных шпунтовых свай;
3. Программное обеспечение для проектирования шпунтовых свай SPW;
4. Программное обеспечение Msheet;
3. Программное обеспечение для проектирования методом конечных элементов (Ansys , Plaxis и другое программное обеспечение).

V. Проекты работ с горячекатаными стальными шпунтовыми сваями марки «Цзиньси»

1. Зарубежные проекты



Старая стена пирса



Новый пирс

Реконструкция Кильского нефтяного терминала в Германии	
Год постройки	2022 год
Спецификация и модель	PZ24A-700 (Hoesch 2407)
Материал	S355GP
Длина сваи	20-24 метра
Объем использованной стали	600 тонн
Форма применения	Анкеровка пирса

Кильский пирс в Германии был построен в 1928 году и реконструирован в 2022 году. Причальная стенка представляет собой постоянную конструкцию из горячекатаных стальных шпунтовых свай. В проекте реконструкции и обновления Кильского нефтяного терминала было использовано 600 тонн горячекатаных стальных шпунтовых свай Hoesch 2407 производства компании "Цзиньси". Проект был реализован компанией Colcrete von Essen.



Стальные шпунтовые сваи "Цзиньси" HOESCH в проекте котлована для строительства в Европе



Проект по восстановлению дамбы и моста Санибел, пострадавших от наводнения, в США

Год постройки	2022 год
Спецификация и модель	PZ26A-700 (Hoesch 2607)
Материал	A572GR55
Длина сваи	15.24 метров
Объем использованной стали	406 тонн
Форма применения	Морская перемычка
В сентябре 2022 года атлантический ураган 4 категории обрушился на запад Кубы и юго-восток США, причинив серьезный ущерб. Ураган «Иэн» повредил несколько участков дамб и мостов Санибел. После урагана «Иэн» команда HSP Europe в кратчайшие сроки поставила 130 пар стальных шпунтовых свай марки Hoesch H2607 длиной 15,24 метра для оказания помощи в ремонте и строительстве дамбы и моста Санибел.	

2. Внутренние проекты



Комплексное улучшение окружающей среды реки Сучжоу, этап IV

Год постройки	2019 год
Спецификация и модель	PU600×180
Длина сваи	4-25 метров
Материал	SY295/SY390
Объем использованной стали	16500 тонн
Форма применения	Защита берегов реки



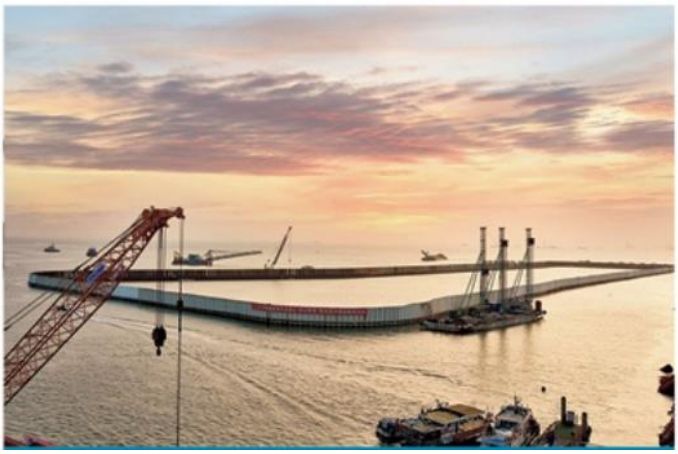
Участок Цзаочжуан Пекинско-Ханчжоуского Великого канала

Год постройки	2020 год
Спецификация и модель	PU600×180
Длина сваи	9 метров
Материал	SY390
Объем использованной стали	3000 тонн
Форма применения	Защита берегов реки



Канал для переправы через реку в Хайкоу

Год постройки	2018 - 2020 год
Спецификация и модель	PU600×210
Длина сваи	15-27 метров
Материал	SY390
Объем использованной стали	5000 тонн
Форма применения	Двухрядный коффердам



Искусственный остров на востоке коридора Шэньчжэнь-Чжуншань

Год постройки	2016 - 2024 год
Спецификация и модель	PU750×225
Длина сваи	21-33 метра
Материал	Q390bz
Объем использованной стали	3300 тонн
Форма применения	Морская перемычка