

Kemppi Oy

# Производительность и качество MAG- сварки конструкцион- ной стали

Статья

Опубликовано в журнале Teräsrakenne (Конструкционные стали) 4/2020

Кумпулайнен, Я.

Менеджер отдела сварочных технологий, IWE, IWI-C

Кемппи Оу

11 декабря 2020 г.

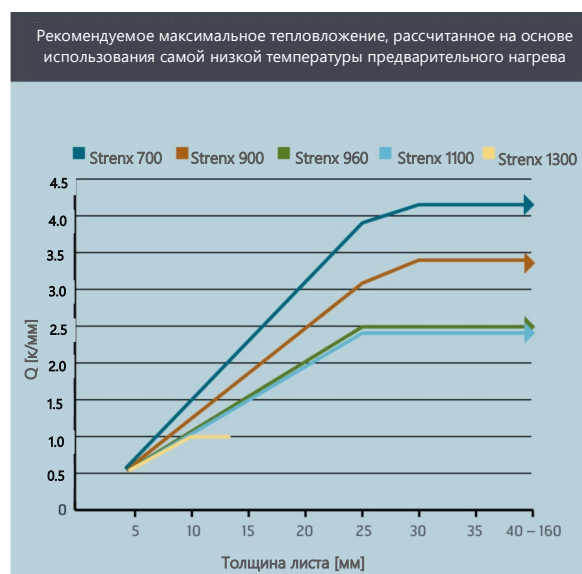
Ожидания в отношении сварочного оборудования становятся все выше в связи с повышением требований материалов основы. Компания Кетрри оптимизировала контроль дуги в качестве практического решения для сварки стали марок с повышенной прочностью. **WiseSteel** — это сварочный процесс MAG, разработанный Кетрри в целях сварки конструкционных сталей. Этот процесс может снизить риск наличия дефектов сварки при высокой скорости сварки. Он также позволяет использовать низкое тепловложение, требуемое для стали марок с повышенной прочностью.

## Тепловложение имеет значение

В конструкционной стали используется марки углеродистой стали, и она в основном используется для несущих нагрузку конструкций. В число типовых видов применения входят несущие нагрузку конструкции зданий и мостов, а также рамы различных транспортных средств. В частности, в автомобилестроении довольно долгое время наблюдается тенденция к облегчению конструкций и повышению энергоэффективности. Развитие в этом направлении вынуждает производителей использовать более тонкую и одновременно более прочную сталь. Сейчас на рынке предлагается широкий выбор конструкционной стали с различными классами прочности.

При сварке стали марок с повышенной прочностью ключевым аспектом для сохранения механических свойств как в пределах шва, так и в зоне термического влияния становится тепловложение. Если тепловложение слишком высокое, сталь в зоне термического влияния становится мягче, что, в свою очередь, сокращает ее статическую прочность.

Например, **линейка продуктов SSAB Strenx®** включает марки конструкционной стали с показателем прочности от 700 до 1300 МПа. На рис. 1 показано максимальное допустимое тепловложение для листовой стали различной толщины в линейке продуктов SSAB Strenx® для ситуаций, в которых не используется предварительный нагрев перед сваркой. На рисунке показано, что тепловложение не должно превышать 0,5 кДж/мм для самых прочных марок и самых тонких листов.



**Рисунок 1.** Максимальное допустимое тепловложение для конструкционной стали SSAB Strenx® различных марок прочности и значений толщины листа для ситуаций, в которых не используется предварительный нагрев перед сваркой.

## Решение — в области контроля дуги

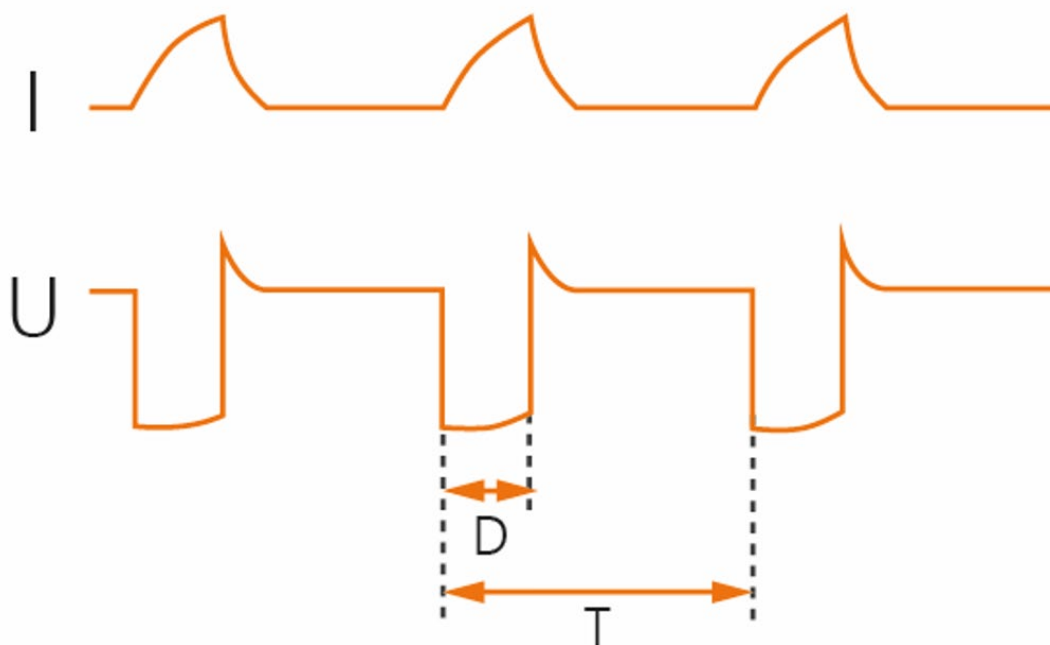
Современные высокие характеристики конструкционной стали предъявляют высокие требования к сварочному оборудованию. Обладая более чем 70-летним опытом в разработке технологий дуговой сварки, компания Kemppi создала практические решения, включающие в себя контроль дуги. Токи современных сварочных инверторов с цифровым управлением можно контролировать очень точно и быстро на различных этапах сварочного процесса.

**WiseSteel** — это сварочный процесс MAG, разработанный Kemppi в целях сварки конструкционных сталей. Этот процесс можно использовать для сварки с использованием проволоки из сплошной мягкой стали и проволоки с металлическим наполнителем различных марок, используя защитный газ Ar + 8–18 % CO<sub>2</sub>.

Сварочная лаборатория Kemppi начала разрабатывать сварочный процесс WiseSteel, стремясь усовершенствовать все типы дуги для традиционной MAG-сварки, и это также позволило повысить качество и производительность сварки конструкционной стали с различной толщиной листа. Этот процесс может снизить риск наличия дефектов сварки при высокой скорости сварки. Он также позволяет использовать низкое тепловложение, требуемое для стали марок с повышенной прочностью.

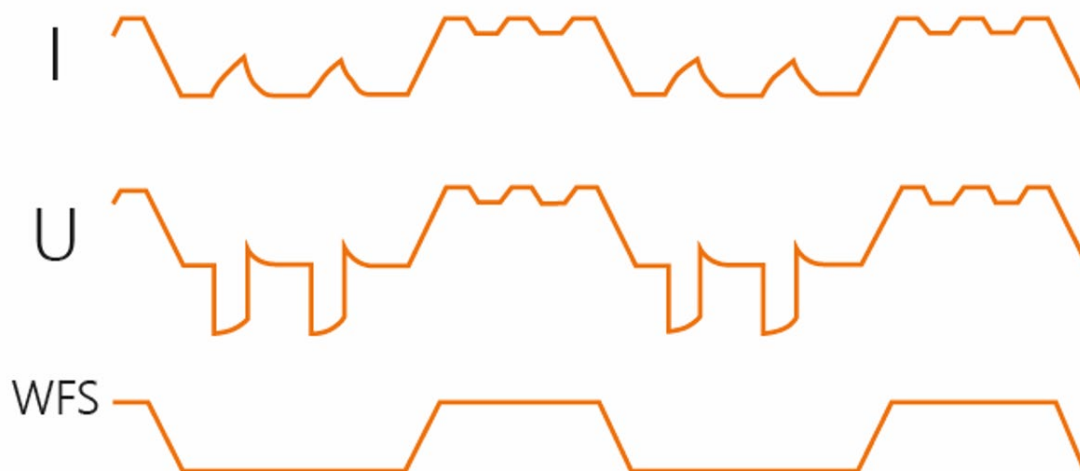
При использовании **короткой дуги** процесс WiseSteel замеряет частоту коротких замыканий и адаптивно регулирует напряжение. Например, если частота коротких замыканий начинает снижаться, напряжение адаптивным образом понижается, и это вызывает повышение частоты.

Сварщики используют свои органы зрения и слуха для определения частоты коротких замыканий при сварке с короткой дугой. Если для короткой дуги задано верное напряжение, частота коротких замыканий достаточно высокая и сварщик видит хорошо сфокусированную дугу и слышит равномерный гул без прерываний. Короткая дуга в процессе WiseSteel может использоваться для тонких листов толщиной 1–3 мм, а также для более толстых листов при сварке корневого прохода и позиционной сварке.



**Рисунок 2.** Процесс WiseSteel замеряет частоту коротких замыканий и адаптивно регулирует напряжение.

**Полукруглая дуга** относится к типу разбрызгивающих дуг в MAG-сварке, и ее обычно следует избегать. В процессе WiseSteel скорость подачи проволоки регулируется с частотой около 2 Гц в диапазоне значений от короткой дуги до струйного переноса материала. Такой подход обеспечивает поддержание средней мощности в диапазоне полукруглой дуги, а сварка производится в течение кратковременных интервалов короткой дуги и струйного переноса материала. Диапазон полукруглой дуги в процессе WiseSteel составляет около 200 А на обеих сторонах, и он подходит для листов толщиной 4–5 мм.

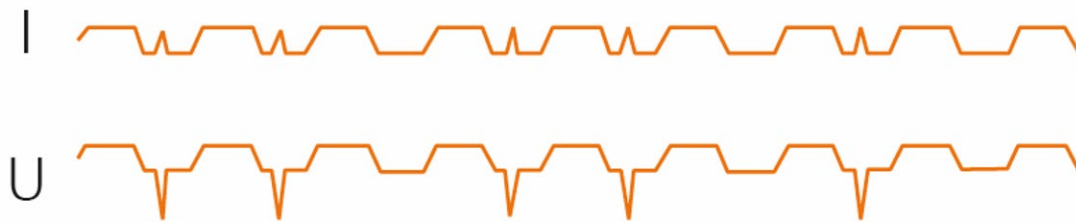


**Рисунок 3.** При использовании полукруглой дуги процесс WiseSteel регулирует скорость подачи проволоки (WFS).



**Рисунок 4.** В диапазоне полукруглой дуги процесса WiseSteel производится чередование переноса по короткой дуге и струйного переноса. Это приводит к образованию чешуйчатой поверхности сварного шва.

В диапазоне **струйного переноса материала** сварочный ток пульсирует с частотой приблизительно 200–300 Гц, что улучшает направленность дуги и ее стабильность даже при низком напряжении дуги. При стремлении к высокой скорости сварки и низкому тепловложению хорошая сфокусированность и низкое напряжение дуги (= небольшая длина дуги) играют важнейшую роль. Диапазон сварки со струйным переносом материала в процессе WiseSteel начинается примерно с 250 А. Он подходит для сварки в нижнем и горизонтально-вертикальном положении стальных листов толщиной 5 мм и более.



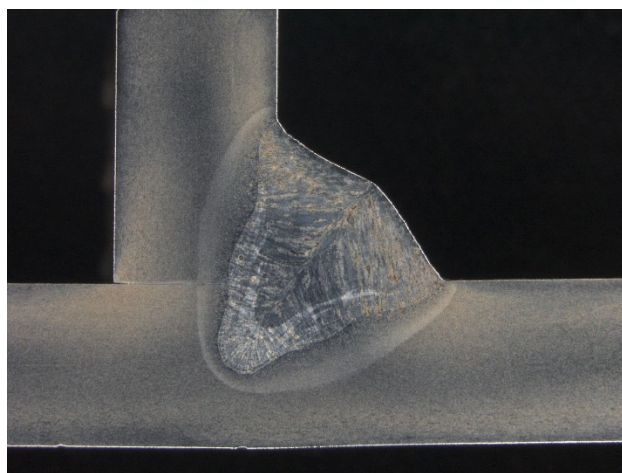
**Рисунок 5.** Микропульсация для диапазона сварки со струйным переносом материала в процессе WiseSteel. Острые пики тока и напряжения соответствуют коротким замыканиям, вызываемым небольшой длиной дуги.

## Повышение скорости сварки с низким тепловложением.

Сварочная лаборатория Kemppi провела различные испытания с использованием процесса WiseSteel. На примерах ниже более подробно показаны два случая сварки угловых стыков. В испытаниях использовалась конструкционная сталь S355, сплошная сварочная проволока 1,2 мм G3Si1 (ER70S-6) и защитный газ Ar+18 % CO<sub>2</sub>. Для листа толщиной 6 мм ставилась задача достичь эффективной толщины шва 4 мм с хорошим качеством и производительностью. Для немного более тонкого материала толщиной 5 мм ставилась задача достичь эффективной толщины шва 3 мм с максимальной возможной скоростью сварки.

На рис. 6 показан горизонтально-вертикальный шов с толщиной листа 6 мм. Использовались следующие параметры сварки:

- Скорость подачи проволоки: 11 м/мин
- Сварочный ток: 330 А
- Напряжение дуги: 28.8 В
- Скорость сварки: 600 мм/мин
- Тепловложение: 0,76 кДж/мм
- Эффективная толщина сварного шва: 4.36 мм



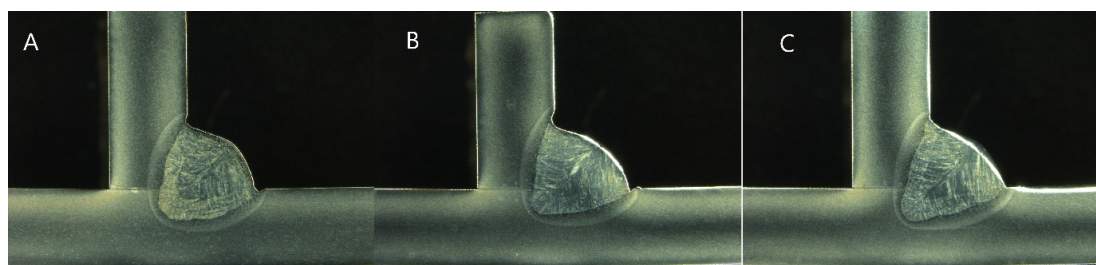
**Рисунок 6.** Горизонтально-вертикальный шов с использованием значений процесса WiseSteel и дуги со струйным переносом материала с толщиной листа 6 мм.

На рис. 7 показаны испытательные швы для сравнения различных процессов MAG-сварки, нанесенные на лист толщиной 5 мм. Здесь ставилась задача достичь эффективной толщины шва 3 мм с использованием процесса WiseSteel с максимальной возможной скоростью сварки и без дефектов. При сварке с высокой скоростью дуга должна быть хорошо сфокусирована. На практике это означает использование короткой дуги и, соответственно, низкого напряжения дуги. Поэтому в сравнительных испытаниях во всех процессах используется одно и то же напряжение дуги. Использованные сварочные параметры:

- Скорость подачи проволоки: 12 м/мин
- Сварочный ток: 370 А
- Напряжение дуги: 28.7 В
- Скорость сварки: 1100 мм/мин
- Тепловложение: 0,46 кДж/мм

При сварке с высокой скоростью возрастает риск подреза, что заметно в точках А и В на рис. 7. Еще одной типичной ошибкой при сварке с высокой скоростью и низким тепловложением является чрезмерная выпуклость. По выпуклости все швы на рис. 7 отвечают требованиям EN ISO 5817 Класс В. Однако различия можно заметить при рассмотрении эффективной толщины шва:

- |  |                              |
|--|------------------------------|
| • А) Синергетический струйный перенос MAG: | толщина сварного шва 2,99 мм |
| • В) Импульсная сварка MAG:                | толщина сварного шва 3,07 мм |
| • С) WiseSteel:                            | толщина сварного шва 3,23 мм |



**Рисунок 7.** А) Синергическая MAG В) Импульсная MAG С) WiseSteel

Это означает, что толстая верхняя часть шва сокращает эффективную толщину шва, даже если производительность наплавки одинаковая.

## Современное сварочное оборудование облегчает контроль качества

WiseSteel предлагается на промышленных сварочных системах Kemppi: **X5 FastMig** и **X8 MIG Welder**. Эти системы также облегчают расчет тепловложения. Оборудование измеряет напряжение дуги непосредственно на контактном наконечнике во избежание потерь напряжения, а также может определить скорость сварки, когда сварщик вводит длину шва после завершения сварки. Эта функция облегчает заполнение отчетов об испытаниях сварочных процедур, поскольку необходимая информация о сварочных параметрах, скорости сварки и тепловложении видна на дисплее панели управления сварочного аппарата после сварки.