
МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 621.791:69

А. Г. СИНЕОК^{1*}, А. М. ГЕРАСИМЕНКО², В. Д. РЯБОКОНЬ³, К. В. РЯБЦЕВ⁴,
А. А. ГОЦУЛЯК⁵

^{1*} Інститут електросварки імені Е. О. Патона НАН України, ул. Боженко, 11, Київ, Україна, 03680, тел. +38 (044) 200 46 07, ел. пошта Patonlab48@ukr.net

² Інститут електросварки імені Е. О. Патона НАН України, ул. Боженко, 11, Київ, Україна, 03680, тел. +38 (044) 200 46 07, ел. пошта Patonlab48@ukr.net

³ Інститут електросварки імені Е. О. Патона НАН України, ул. Боженко, 11, Київ, Україна, 03680, тел. +38 (044) 200 46 07, ел. пошта Patonlab48@ukr.net

⁴ Інститут електросварки імені Е. О. Патона НАН України, ул. Боженко, 11, Київ, Україна, 03680, тел. +38 (044) 200 46 07, ел. пошта Patonlab48@ukr.net

⁵ Металургічний комбінат «ІСД Хута Ченстохова», Польща, тел. 0 0 48 60 857 61 22, ел. пошта Agotsyliak@isd-hcs.com.pl

АТМОСФЕРОСТОЙКИЙ ПРОКАТ КЛАССОВ ПРОЧНОСТИ С355-500 ДЛЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ МОСТОВ

Цель. Применение для строительства пролётных строений мостов проката повышенной стойкости против коррозии. **Методика.** Для достижения поставленной цели использованы методики и нормативные документы, принятые в мостостроении. **Результаты.** В работе представлены результаты исследования служебных характеристик, свариваемости, а также коррозионной стойкости атмосферостойкой стали марки 06Г2БДП ТУ У 27.1-05416923-078:2006 класса прочности 355-500. Рассмотрены вопросы технологии сварки применительно к строительству металлоконструкций мостов. **Научная новизна.** Для изготовления мостовых металлоконструкций рекомендована экономно-легированная сталь повышенной стойкости против коррозии марки 06Г2БДП С355-500. **Практическая значимость.** Работа посвящена актуальной проблеме, имеющей важное практическое значение – выбору сталей для ответственных строительных металлоконструкций и мостов.

Ключевые слова: строительные металлоконструкции; высокопрочная экономно-легированная сталь; стойкость против атмосферной коррозии; служебные свойства; характеристики прочности и пластичности; хладостойкость; свариваемость; технологии сварки

Введение

Высокопрочные стали с оптимальными эксплуатационными характеристиками – высокой прочностью и вязкостью в сочетании с хорошей свариваемостью, стойкостью к атмосферной коррозии, являются основой технического прогресса в мостостроении, позволяют повышать надёжность и эксплуатационный ресурс конструкций, удовлетворяют концепции минимальных затрат за срок службы в инфраструктуре.

Как свидетельствуют результаты обследования состояния металлоконструкций мостов со сталежелезобетонной проезжей частью, стальными главными и поперечными балками, основным видом их повреждений является уменьше-

ние сечения поясов и стенок балок вследствие коррозии, существенно снижающей несущую способность и эксплуатационную пригодность. Сочетание конструктивных и технологических причин в совокупности с применением в мостах более ранней постройки обычных строительных сталей усиливают и ускоряют процессы коррозии в конструкции [1, 8].

Влияние химического состава на скорость атмосферной коррозии рассматривалось во многих работах [2, 3, 4]. Повышенное содержание меди, фосфора, хрома, а также никеля и молибдена, повышает стойкость стали к атмосферной коррозии.

В табл. 1 приведен химический состав зарубежных и отечественных атмосферостойких сталей, применяемых для строительных металлоконструкций и мостов.

Химический состав сталей для строительных металлоконструкций и мостов

| Марка стали | ГОСТ, ТУ | C | Mn | Si | P | S | Cu | Cr | Ni | Прочие |
|---------------------------|-------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|------------------|----------------------------|----------------------|------------------|--|
| 10ХНДП | ГОСТ 19289-89 | <0,12 | 0,30...0,60 | 0,17...0,37 | 0,07...0,12 | <0,04 | 0,30...0,50 | 0,50...0,80 | 0,30...0,60 | Al=0,08...0,15 |
| SPA-H (Кортен-A) | JISG3125 | <0,12 | 0,20...0,50 | 0,25...0,75 | 0,07...0,15 | <0,04 | 0,25...0,60 | 0,30...1,25 | <0,65 | - |
| 15ХСНД | ГОСТ 6713-91 | 0,12...0,18 | 0,40...0,70 | 0,40...0,70 | <0,035 | <0,035 | 0,20...0,60 | 0,60...0,90 | 0,30...0,60 | - |
| 10ХСНД | ГОСТ 6713-91 | <0,12 | 0,50...0,80 | 0,80...1,10 | <0,035 | <0,035 | 0,40...0,60 | 0,60...0,90 | 0,50...0,80 | - |
| Кортен-B (A-588) | ASTM | 0,10...0,19 | 0,90...1,25 | 0,15...0,30 | <0,04 | <0,05 | 0,25...0,40 | 0,40...0,65 | - | V=0,02...0,10 |
| SMA 58 SMA490W- mod | JISG3114 | <0,19 ≤0,18 | <1,40 ≤1,40 | <0,75 0,15...0,65 | <0,04 ≤0,035 | <0,04 ≤0,035 | 0,20...0,70 0,30...0,50 | 0,30...1,20 ≤0,08 | - 2,50...3,50 | - |
| HPS-70W (СПА) | | ≤0,11 | 1,15...1,30 | 0,35...0,45 | ≤0,020 | ≤0,006 | 0,28...0,38 | 0,50...0,60 | 0,28...0,80 | Mo=0,04...0,08; V=0,05...0,07; Al=0,01...0,04 |
| 14ХГНДЦ | ТУ14-1-4519-88 | 0,11...0,16 | 0,70...1,00 | 0,20...0,40 | <0,02 | <0,015 | 0,40...0,60 | 0,80...1,10 | 0,50...0,80 | Zr=0,005...0,010 |
| 06ГБД С355 С390 | ТУ У 27.1- 05416923- 085:2006 | 0,04...0,08 0,05...0,08 | 0,90...1,20 1,10...1,40 | 0,15...0,35 0,25...0,50 | ≤0,025 ≤0,025 | ≤0,010 ≤0,010 | 0,15...0,30 0,15...0,30 | ≤0,20 ≤0,20 | ≤0,35 ≤0,35 | Al=0,02...0,05; N=<0,012 Mo=0,05...0,08; Ti=<0,020; Nb=0,010...0,030 |
| 06Г2БД С440 С490 | ТУ У 27.1- 05416923- 085:2006 | 0,04-0,08 0,05-0,09 | 1,30-1,60 1,50-1,70 | 0,25-0,50 0,25-0,50 | ≤0,025 ≤0,025 | ≤0,010 ≤0,010 | 0,15-0,30 0,15-0,30 | ≤0,20 ≤0,20 | ≤0,35 ≤0,35 | Al=0,02...0,05; N=<0,012 Mo=0,10...0,12; Ti=<0,020; Nb=0,030...0,050 |

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Цель

На протяжении последних десяти лет в строительстве ответственных сварных конструкций внедрена и успешно применяется сталь 06ГБ(Д), 06Г2Б(Д) С 355-490 [11]. Экономно легированная сталь повышенной прочности и хладостойкости выгодно отличается от обычно применяемых в отечественных металлоконструкциях сталей. Сталь 06ГБ(Д), 06Г2Б(Д) – современный конструкционный материал на С-Мп основе с использованием механизма карбонитридного упрочнения. Стали такого класса весьма экономичны, обладают сбалансированными механическими и технологическими свойствами [5, 6].

Данная сталь применена при строительстве и реконструкции ответственных объектов, таких как доменная печь на Криворожском комбинате, доменная печь на комбинате «Азовсталь», резервуары для хранения нефти в Бродах ёмкостью

75,000 м³, в Мозыре 50,000 м³, мост через вход в Гавань Подольского мостового перехода.

Для изготовления и монтажа данных металлоконструкций в ИЭС разработаны технологии сварки.

Методика

Учитывая заинтересованность мостостроителей в применении для пролётных строений мостов атмосферостойкого проката, на базе сталей 06ГБ(Д), 06Г2Б(Д) создана сталь повышенной стойкости против коррозии. Проведены исследования по отработке оптимального химического состава новой стали марки 06Г2БДП (табл. 2), разработаны и утверждены технические условия: ТУ У 27.1-05416923-078:2006 «Прокат листовой из коррозионно-стойкой стали классов прочности 355...500 для мостостроения» [12].

Таблица 2

Химический состав стали 06Г2БДП по ТУ У 27.1-05416923-078:2006

| Класс прочности | Содержание элементов, % | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------|-------------|----------|------|------|-------|
| | C | Si | Mn | Nb | Mo | Al | не более | | | |
| | | | | | | | Ti | Cr | Ni | S |
| 355 | 0,04...0,08 | 0,15... 0,35 | 0,90...1, 20 | 0,010... 0,03 | 0,02...0,05 | 0,02...0,05 | 0,020 | 0,30 | 0,30 | 0,012 |
| 390 | 0,04...0,08 | 0,15... 0,35 | 1,10...1, 40 | 0,010... 0,03 | 0,02...0,05 | 0,02...0,05 | 0,020 | 0,30 | 0,30 | 0,012 |
| 440 | 0,05...0,08 | 0,15... 0,35 | 1,30...1, 60 | 0,030... 0,05 | 0,05...0,08 | 0,02...0,05 | 0,020 | 0,25 | 0,30 | 0,010 |
| 460 | 0,06...0,09 | 0,15... 0,40 | 1,40...1, 65 | 0,030... 0,05 | 0,06...0,10 | 0,02...0,05 | 0,025 | 0,25 | 0,40 | 0,008 |
| 500 | 0,08...0,12 | 0,15... 0,50 | 1,50...1, 75 | 0,040... 0,06 | 0,10...0,20 | 0,02...0,05 | 0,030 | 0,25 | 0,50 | 0,006 |

Содержание меди и фосфора соответственно:

1-ая категория – 0,15...0,30 % и 0,020...0,035 %

2-ая категория – 0,30...0,45 % и 0,030...0,050 %

3-я категория – 0,40...0,60 % и 0,040...0,060 %

Сталь содержит 0,04...0,12 % углерода в зависимости от класса прочности, марганца 0,90...1,75 %, серы не более 0,012 %, введены микродобавки ниобия, ванадия и молибдена. Для повышения коррозионной стойкости в стали увеличено содержание меди и фосфора. Фосфор повышает σ_B , σ_T , а также атмосфер-

ную коррозионную стойкость, особенно в контакте с медью, в то же время деформационные свойства стали ухудшаются.

Фосфор вызывает хладноломкость, поэтому его содержание в стали ограничено до 0,05. Предусмотрено изготовление проката трёх категорий стойкости против атмосферной корро-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

зии, в зависимости от содержания меди и фосфора. Углеродный эквивалент гарантируется не выше 0,43 %.

Сочетание высокой прочности и высокой ударной вязкости стали 06Г2БДП получено при помощи модифицирующей обработки и термоулучшении практически на одном химическом составе [7]. Это значительно расширяет возможности проектирования металлоконструкций.

Мариупольским ОАО «Меткомбинат «Азовсталь» выплавлена и прокатана опытно-промышленная партия проката с содержанием меди и фосфора – 0,20 % и 0,019, что соответствует 1 категории атмосферостойкости.

Результаты

В ИЭС выполнены исследования служебных характеристик, свариваемости, а также коррозионной стойкости опытно-промышленной плавки стали 06Г2БДП класса прочности С390 толщиной 40 мм. Исследованный прокат обладает высокими прочностными, пластическими свойствами практически одинаковыми в продольном, поперечном направлении и по толщине проката (табл. 3). Ударная вязкость при температуре испытания минус 40 °С на образцах с острым надрезом типа Шарпи в поперечном направлении проката соответствует 196, 261, 209 Дж/см². Величина относительного сужения в направлении толщины ψ_z – 81, 79, 79 %, что определяет высокую сопротивляемость проката образованию слоистых трещин.

С целью исследования служебных характеристик, свариваемости и стойкости против коррозии проката 06Г2БДП 2-й категории атмосферостойкости в ИЭС изготовлена опытная лабораторная плавка (содержание меди 0,38 %, фосфора 0,043 %).

Опытная плавка стали 06Г2БДП 2-й категории атмосферостойкости имеет высокие характеристики прочности и пластичности, высокие показатели ударной вязкости KCV (см. табл. 3). Ударная вязкость при температуре испытания минус 80 °С на образцах с острым надрезом типа Шарпи в поперечном направлении проката имеет значение 153, 200, 213 Дж/см² (рис.2).

В соответствии с ГОСТ 9.911-89, ГОСТ 9.908-85 в лабораторных условиях ИЭС были выполнены сравнительные исследования коррозионной

стойкости новой стали и проката 10ХСНД, широко используемого в мостостроении.

Стандарт ГОСТ 9.911-89 регламентирует метод сравнительных ускоренных коррозионных испытаний низколегированных сталей, которые применяются без защиты от атмосферной коррозии. Метод исследований может быть использован для получения сравнительных данных относительно коррозионной стойкости углеродистых и низколегированных сталей, которые применяются с защитными покрытиями. Суть метода состоит в ускорении коррозионного процесса образования продуктов коррозии на поверхности стали. Ускорение процесса коррозии достигают повышением относительной влажности воздуха и температуры при действии сернистого газа, периодической конденсацией влаги, а также чередованием смачивания поверхности электролитом и последующего её высушивания.

Образцы исследуемой стали сравнивались с образцами стали эталона. В данном исследовании для сравнения коррозионной стойкости были использованы образцы из стали 10ХСНД.

Испытания проводились циклически с периодическим изменением первой и второй стадии цикла. Длительность одного цикла – 168 часов. Общая длительность испытаний – 7 циклов (1176 часов). Первая стадия цикла: в атмосфере SO² при температуре плюс 40 °С в течение 7 часов, потом при температуре плюс 20 °С в течение 64 часов. Вторая стадия цикла: периодическое погружение образцов в раствор 5·10⁻⁶ моль/л серной кислоты в течение 97 часов (10 мин. в растворе и 50 мин. на воздухе, в том числе в потоке воздуха при температуре плюс 60 °С ± 10 °С) на установке «коррозионное колесо».

Показатели коррозии и коррозионной стойкости определяли по ГОСТ 9.908-85. За основной показатель сплошной коррозии принимали уменьшение массы на единицу площади образцов и скорость потери массы образцов. На рис. 1 показано результат сравнительных исследований скорости коррозии стали 06Г2БДП и 10ХСНД. коррозионная стойкость стали 06Г2БДП выше данного показателя для стали 10ХСНД, что отчетливо прослеживается на первых циклах исследований.

Таблица 3

Служебные характеристики и хладостойкость проката 06Г2БДП С 390

| № плавки, толщина, категория | Располо- жение образца | σ_B , МПа | σ_T , МПа | δ_5 , % | ψ , % | Ударная вязкость, Дж/см ² | | | | $\frac{\sigma_T}{\sigma_B}$ | HV |
|---|---|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------------|---------------------|
| | | | | | | КСУ | | КСУ | | | |
| | | | | | | +20 °С | -40 °С | +20 °С | -40 °С | | |
| Опытно- промышлен- ная партия 0630, 40 мм 1 категория атмосферо- стойкости | вдоль | <u>520,517,513</u> 518 | <u>384,388,374</u> 382 | <u>34,35,36</u> 35 | <u>84,84,84</u> 84 | 346,347,346 | 340,341,344 | 350,347,347 | 338,342,340 | 00,74 | 156, 156, 159 |
| | поперёк | <u>523,527,520</u> 523 | <u>385,380,391</u> 385 | <u>34,35,34</u> 34 | <u>84,84,84</u> 84 | 297,321,282 | 271,328,312 | 239,271,243 | 196,261,209 | 0,74 | |
| | по толщине | <u>524,517,517</u> 520 | <u>391,391,391</u> 391 | <u>29,30,29</u> 29 | <u>81,78,78</u> 79 | - | - | - | - | 0,75 | |
| опытная плавка, 12 мм 2 категория атмосферо- стойкости | поперёк | <u>639,645,666</u> 650 | <u>534,529,555</u> 539 | <u>27,26,25</u> 26 | <u>75,75,72</u> 74 | после старения 238,274,279 | - | 327,337,343 | 232,230,298 | 0,82 | 180, 178, 178 |
| | ТУ У 27.1-05416923- 078:2006 класс прочности С390 | 490 | 390 | 22 | 35 $\psi_z - 25$ | - | - | 68 | 49 | - | - |

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

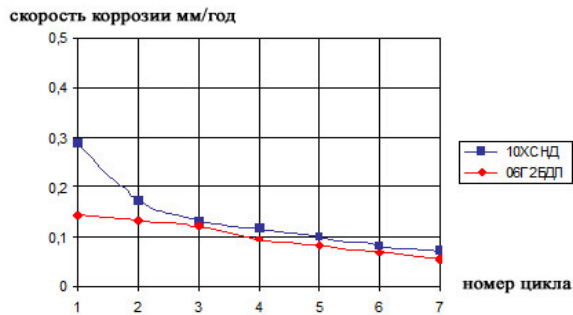


Рис. 1. Изменение скорости коррозии сталей 06Г2БДП и 10ХСНД в процессе испытаний



Рис. 2. Хладостойкость проката 06Г2БДП 2-ой категории атмосферостойкости

На основании проведенных исследований свариваемости проката 06Г2БДП разработаны технологии автоматической под флюсом и механизированной сварки применительно к изготовлению и монтажу металлоконструкций мостов [9, 10].

В табл. 4 представлены результаты исследования сварных соединений, выполненных автоматической сваркой под флюсом и механизированной сваркой в защитных газах, в табл. 5 рекомендации по применению сварочных материалов для автоматической и механизированной сварки данного проката.

Выводы

Экономнолегированная сталь повышенной стойкости против атмосферной коррозии марки 06Г2БДП С350-500 МПа рекомендована для изготовления мостовых металлоконструкций. Применение в конструкциях пролётных строений мостов проката атмосферостойкой стали позволит повысить их надёжность, ресурс работоспособности, снизить эксплуатационные затраты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ковтуненко, В. А. Характерные повреждения сварных металлических конструкций мостов [Текст] / В. А. Ковтуненко, А. М. Герасименко, А. Г. Синеок, В. А. Задорожный // Автоматическая сварка. – 2005. – № 10. – С. 29-35.
2. Конюхов, А. Д. Пролетные строения мостов [Текст] / А. Д. Конюхов, Е. М. Рувинская // Защита металлов. – 2002. – № 1. – С. 89-95.
3. Конюхов, А. Д. Стальной прокат с улучшенными свойствами для более эффективных мостовых конструкций [Текст] / А. Д. Конюхов // Сталь. – 2006. – № 1. – С. 74-76.
4. Конюхов, А. Д. Коррозия и надежность железнодорожной техники [Текст] / А. Д. Конюхов. – Москва : Транспорт, 1995. – 174 с.
5. Ковтуненко, В. А. Высокопрочная экономнолегированная сталь 06Г2Б с $\sigma_T > 440$ МПа для мостостроения [Текст] / В. А. Ковтуненко, А. М. Герасименко, А. Г. Синеок // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 2004. – № 69. – С. 106-113.
6. Ковтуненко, В. А. Выбор стали для ответственных сварных строительных конструкций [Текст] / В. А. Ковтуненко, А. М. Герасименко, А. А. Гоцуляк // Автоматическая сварка. – 2006. – № 11. – С. 32-37.
7. Ковтуненко, В. А. Стальной прокат повышенной атмосферостойкости для сварных строительных конструкций [Текст] / В. А. Ковтуненко, А. М. Герасименко, А. А. Петрученко, С. Г. Поляков, А. А. Гоцуляк // Дороги і мости : Зб. наук. праць ДерждорНДІ. – 2007. – Вип. 7. – С. 297-304.
8. Ковтуненко, В. А. Исследование влияния конструктивно-технологических решений сварных узлов и соединений, а также условий эксплуатации на ресурс мостовых конструкций, разработка рекомендаций по его продлению [Текст] / В. А. Ковтуненко, А. М. Герасименко, А. Г. Синеок // Проблеми ресурсу та безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин. – Киев : ИЭС, 2006. – С. 420-424.
9. Синеок, О. Г. Впровадження сучасних зварювальних матеріалів та технологій для зварювання прокату підвищеної міцності [Текст] / О. Г. Синеок, А. М. Герасименко, В. Д. Рябоконт, К. В. Рябцев, К. Ю. Корзін, О. В. Здоренко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна. – Вип. 33. – Дніпропетровськ : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В.Лазаряна, 2010. – С. 245-250.
10. Синеок, О. Г. Современные технологии сварки при укрупнении и монтаже металлоконструк-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА




ций арки Подольского мостового перехода в Киеве [Текст] / О. Г. Синюк, А. М. Герасименко, В. Д. Рябоконт, К. В. Рябцев, В. В. Бричак, С. М. Товстий // Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна. – Вип. 3. – Дніпропетровськ : Вид-во ФОП Удовиченко О. М., 2012. – С. 171-174.

11. Технические условия ТУ У27.1.-05416923-078:2006 «Прокат листовой из коррозионно-стойкой стали классов прочности 355...500 для мостостроения» с Изменением 1 [Текст].

12. Технические условия ТУ У 27.1-05416923-085:2006 «Прокат листовой свариваемый из качественной стали классов прочности 355-590 для машиностроения» [Текст].

Таблица 4

Служебные характеристики сварных соединений проката 06Г2БДП С 390

| Способ сварки/ толщина проката | Механические характеристики сварного соединения | | Ударная вязкость, Дж/см ² KCV | | | | HV _{max} |
|---|---|----------------------|---|--------------|--------------|-------------|-------------------|
| | σ_B , МПа | Угол загиба, град | ЗТВ | | центр шва | | |
| | | | +20 | -40 | +20 | -40 | |
| | | | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Автоматическая сварка проволокой Св-10НМА Ø 4 мм, под флюсом АН-47 40 мм  | 532,5 526,2 | 180 180 | 305,8 | 43,6 | 134,1 | 55,8 | 208 |
| | | | 290,6 | 318,8 | 151,0 | 88,7 | |
| | | | <u>303,9</u> | <u>292,9</u> | <u>140,7</u> | <u>42,7</u> | |
| | | | 300,1 | 305,85 | 141,93 | 62,4 | |
| Автоматическая сварка проволокой Св-10НМА Ø 4 мм, под флюсом OK Flux 10.71 мм  | 630,6 642,4 | 180 180 | - | 33,8 | - | 49,2 | 232 |
| | | | | 30,7 | | 50,4 | |
| | | | | <u>36,5</u> | | <u>64,8</u> | |
| | | | | 33,6 | | 54,8 | |
| Механизированная сварка в защитных газах Ar +CO ₂ проволока Megafil-821 Ø 1,2 мм 14 мм  | 596,5 586,5 | 180 180 | 285,1 | 197,7 | 205,3 | 77,9 | 216 |
| | | | 253,5 | 254,3 | 204,8 | 85,9 | |
| | | | <u>245,1</u> | <u>282,8</u> | <u>223,6</u> | <u>69,6</u> | |
| | | | 261,2 | 244,6 | 211,2 | 77,8 | |

Рекомендованные сварочные материалы для автоматической и механизированной сварки проката 06Г2БДП

| Класс прочности проката 06Г2БДП | ТУ | Способ сварки | | |
|---------------------------------|-----------------------------|--|--|--|
| | | Автоматическая сварка под флюсом на флюсовой, флюсомедной подушке | Механизированная сварка в защитных газах и смесях | |
| | | Проволока + Флюс | Проволока сплошного сечения | Металлопорошковая проволока |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 355 | ТУ У 27.1-05416923-085:2006 | Св-10НМА + АН-47 Св-10ГА + АН-47 ОК Autrod 12.20 + ОК Flux 10.71 | Св-08Г2С ¹⁾ , Ø 1,2 мм Св-08Г2С ²⁾ , Ø 1,2 мм...1,6 мм ОК Autrod 12-64 ¹⁾ , Ø 1,2 мм ОК Autrod 12-64 ²⁾ , Ø 1,2...1,6 мм | ПП Megafil-710 M ²⁾ |
| 390 | | Св-10НМА + АН-47 Св-10ГА + АН-47 ОК Autrod 12.32 + ОК Flux 10.71 | Св-08Г2С ¹⁾ , Ø 1,2 мм Св-08Г2С ²⁾ , Ø 1,2 мм...1,6 мм ОК Autrod 12-64 ²⁾ , Ø 1,2...1,6 мм | ПП Megafil-710 M ²⁾ ПП Megafil-713 R ¹⁾ ПП Megafil-713 R ²⁾ ПП Megafil-821 R ¹⁾ ПП Megafil-821 R ²⁾ |
| 440 | | Св-10НМА + АН-47 Св-10ГА + АН-47 ОК Autrod 12.32 + ОК Flux 10.71 | Св-08Г2С ¹⁾ , Ø 1,2 мм Св-08Г2С ²⁾ , Ø 1,2 мм...1,6 мм ОК Autrod 12-64 ²⁾ Ø 1,2...1,6 мм | ПП Megafil-710 M ²⁾ ПП Megafil-713 R ¹⁾ ПП Megafil-713 R ²⁾ ПП Megafil-821 R ¹⁾ ПП Megafil-821 R ²⁾ |

Защитные газы: 1) CO₂;

2) Ar (78...82)% + CO₂ (18...22)% .

А. Г. СИНСОК^{1*}, А. М. ГЕРАСИМЕНКО², В. Д. РЯБОКОНЬ³, К. В. РЯБЦЕВ⁴,
А. А. ГОЦУЛЯК⁵

^{1*} Інститут електрозварювання імені Є. О. Патона НАН України, вул. Боженко, 11, Київ, Україна, 03680, тел. +38 (044) 200 46 07, ел. пошта Patonlab48@ukr.net

² Інститут електрозварювання імені Є. О. Патона НАН України, вул. Боженко, 11, Київ, Україна, 03680, тел. +38 (044) 200 46 07, ел. пошта Patonlab48@ukr.net

³ Інститут електрозварювання імені Є. О. Патона НАН України, вул. Боженко, 11, Київ, Україна, 03680, тел. +38 (044) 200 46 07, ел. пошта Patonlab48@ukr.net

⁴ Інститут електрозварювання імені Є. О. Патона НАН України, вул. Боженко, 11, Київ, Україна, 03680, тел. +38 (044) 200 46 07, ел. пошта Patonlab48@ukr.net

⁵ Металургійний комбінат «ІСД Хута Ченстохова», Польща, тел. 0 0 48 60 857 61 22, ел. пошта Agotsyliak@isd-hcs.com.pl

АТМОСФЕРОСТІЙКИЙ ПРОКАТ КЛАСІВ МІЦНОСТІ С 355-500 ДЛЯ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ МОСТІВ.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Мета. Застосування для будівництва прогонових споруд мостів прокату підвищеної стійкості проти корозії. **Методика.** Для досягнення поставленої мети використані методики та нормативні документи прийняті в мостобудуванні. **Результати.** У роботі представлені результати дослідження службових характеристик атмосферостійкої сталі марки 06Г2БДП ТУ У 27.1-05416923-078:2006 класу міцності 355-500. Розглянуті питання технології зварювання стосовно будівництва металокопункцій мостів. **Наукова новизна.** Для виготовлення мостових металокопункцій рекомендована економно легована сталь підвищеної стійкості проти корозії марки 06Г2БДП С 355-500. **Практична значимість.** Робота присвячена актуальній проблемі, що має важливе практичне значення, а саме вибору сталей для відповідальних будівельних металокопункцій та мостів.

Ключові слова: будівельні металокопункції; високоміцна економно легована сталь; стійкість проти атмосферної корозії; службові властивості; характеристики міцності та пластичні властивості; холодостійкість; зварюваність; технології зварювання

A. G. SINEOK^{1*}, A. M. GERASIMENKO², V. D. RYABOKON³, K. V. RYABTSEV⁴
A. A. GOTSYLIAK⁵

^{1*} Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine, 11 Bogenko Str., Kiev, Ukraine, 03680, tel. +38 (044) 200 46 07, e-mail Patonlab48@ukr.net

² Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine, 11 Bogenko Str., Kiev, Ukraine, 03680, tel. +38 (044) 200 46 07, e-mail Patonlab48@ukr.net

³ Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine, 11 Bogenko Str., Kiev, Ukraine, 03680, tel. +38 (044) 200 46 07, e-mail Patonlab48@ukr.net

⁴ Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine, 11 Bogenko Str., Kiev, Ukraine, 03680, tel. +38 (044) 200 46 07, e-mail Patonlab48@ukr.net

⁵ Company ISD Huta Częstochowa, Poland, tel. 0 0 48 60 857 61 22, e-mail Agotsyliak@isd-hcs.com.pl

WEATHER-RESISTANT ROLLING STOKS OF STRENGHT CLASSES C355-500 FOR METALLIC CONSTRUCTIONS OF BRIDGES

Purpose. Application for span structures of bridges, steel with increased corrosion resistance. **Methodology.** To achieve the research purpose was used methodology and documents are accepted at building of bridges. **Findings.** Researches are presented of service properties, weldability, as well as corrosion resistance of 06G2BDP steel of strength class C390-500, conducted weldability studies, and developed technologies of submerged-arc and mechanized welding for fabrication and mounting of bridge metal structures. **Originality.** Sparsely-alloyed 350-500 MPa steel of 06G2BDP grade with increased atmospheric corrosion resistance was recommended for fabrication of bridge metal structures. **Practical value.** Choice steel for fabrication of bridge metal structures.

Keywords: building metallic constructions; weather-resistant steel; atmospheric corrosion resistance; service properties; descriptions of durability and plasticity; weldability; technologies of welding

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. В. Д. Позняковым (Украина), д.т.н., проф. В. Д. Петренко (Украина).

Поступила в редколлегию 26.06.2014.

Принята к печати 02.07.2014.