

РОЗДІЛ III. ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ

УДК 669.715:629.37

Т.М. Артюх, д-р техн. наук

Київський національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

ВИКОРИСТАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ У ВИРОБНИЦТВІ ВЕЛОСИПЕДНИХ РАМ

Т.Н. Артюх, д-р техн. наук

Киевский национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВЕЛОСИПЕДНЫХ РАМ

Tetiana Artiukh, Doctor of Technical Sciences

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

USAGE OF ALUMINIUM ALLOY IN THE MANUFACTURE OF FRAMES

Розглянуто асортимент вітчизняних виробників велосипедів за матеріалом рами, проаналізовано хімічні та механічні властивості алюмінієвих сплавів, які використовуються у виробництві рам велосипедів. Зроблено висновки та пропозиції щодо застосування сплавів 6061, 7005 та 7075 у рамах різних типів велосипедів.

Ключові слова: рама велосипеда, тип велосипеда, сплави алюмінію, технологічність, тріщини втоми.

Рассмотрен ассортимент отечественных производителей велосипедов в зависимости от материала рамы, проанализированы химические и механические свойства алюминиевых сплавов, используемых в производстве рам велосипедов. Сделаны выводы и предложения по применению сплавов 6061, 7005 и 7075 в рамах различных типов велосипедов.

Ключевые слова: рама велосипеда, тип велосипеда, сплавы алюминия, технологичность, усталостные трещины.

In the paper, the portfolio of domestic manufacturers by material bicycle frames, chemical analysis and mechanical properties of aluminum alloys used in the manufacture of bicycle frames. The conclusions and proposals for the use of alloys 6061, 7005 and 7075 in various types of bicycle frames.

Key words: bike frame, type of bike, aluminum alloys, manufacturability, fatigue cracks.

Постановка проблеми. Рама велосипеда – це його основний конструктивний елемент, на якому кріпиться все обладнання. Відповідно рама повинна мати високу міцність, мінімальну вагу та при цьому не дуже високу ціну. Виробники велосипедів різними шляхами намагаються досягти балансу між згаданими трьома вимогами для кожного сегмента ринку. Одним із шляхів отримання рами із заданими властивостями є підбір матеріалу рами.

Для виробництва велосипедних рам у світі використовують такі матеріали: сталі, алюмінієві сплави, титанові сплави, вуглепластик та дуже рідко магнієві, алюмінієво-скандієві, берилієві сплави. Кожен з цих матеріалів має свої переваги та недоліки, але найбільш широко використовуються сталь та алюмінієві сплави. Останнім часом виробники велосипедів приділяють увагу виробництву рам зі сплавів алюмінію 6061 і 7005, такі рами легкі, міцні і ціна на них доступна. Властивості згаданих сплавів, а також виконаних з них рам відрізняються. Доцільно порівняти властивості сплавів у розрізі використання їх для виробництва велосипедних рам.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найбільш відомим виробником велосипедів в Україні є ТОВ ARDIS [1]. У виробничому асортименті представлені такі типи велосипедів: гірські, міські, для виконання трюків, дорожні, складні та дитячі. Матеріалом для виготовлення рам є низьколеговані, високолеговані хром-молібденові сталі та алюмінієвий сплав 6061. Співвідношення в асортименті сталевих та алюмінієвих рам представлено на рис. 1.

В асортименті українського виробника велосипедів представлено 41,25 % рам з алюмінієвого сплаву, 1,25 % – з хром-молібденової сталі та 57,5 % – з низьколегованої. Відповідно, вітчизняний виробник наближається до світових лідерів Cube, Giant, Scott, Spsialized [2], в асортименті яких алюмінієві рами становлять більше двох третин. Звертаючи увагу на використання новітніх технологій, українські виробники обмежені ку-

півельною спроможністю споживачів, тому рами з низьколегованої сталі залишають за собою більшість асортименту.

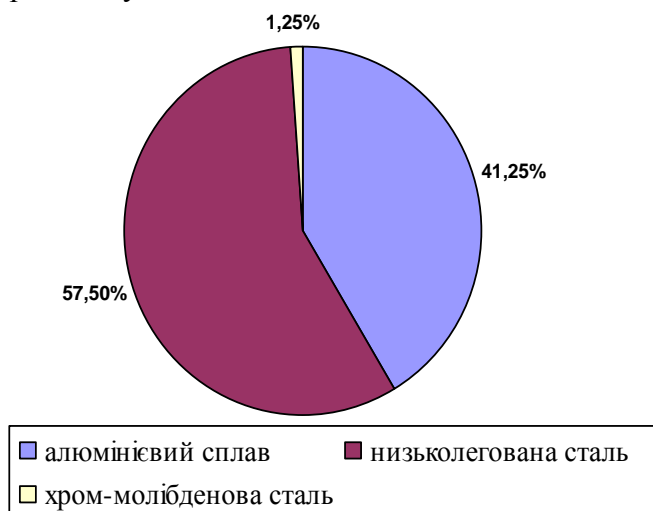


Рис. 1. Розподіл велосипедних рам за матеріалом в українського виробника

Використання сталі та алюмінію для різних типів велосипедів представлено на рис. 2.

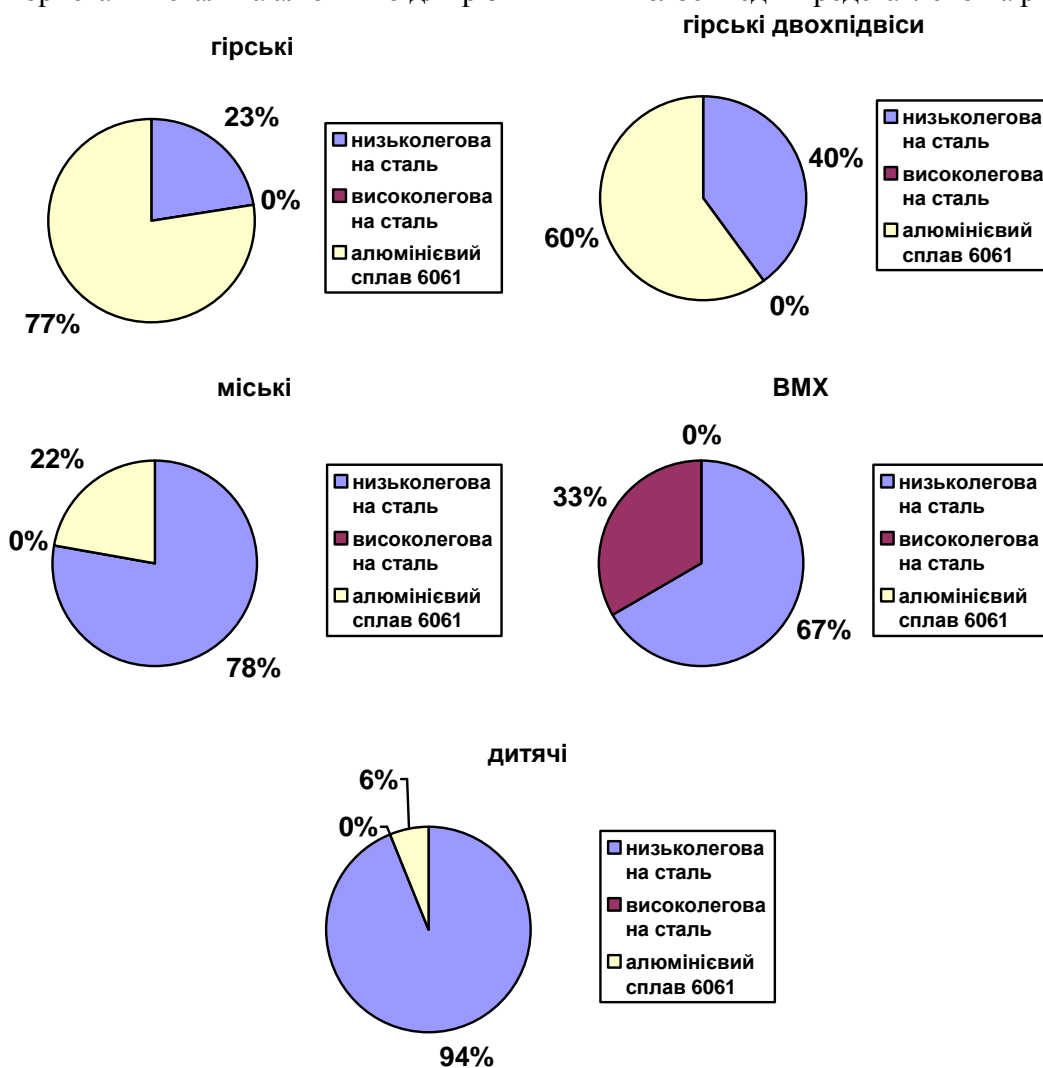


Рис. 2. Розподіл матеріалу рами залежно від типу велосипеда

Найбільш широко алюміній використовується для рам гірських велосипедів (87,4 %), відсутній у дорожніх, дитячих (6,25 %) та трюкових. Обмеження використання алюмінію у рамах дитячих і дорожніх велосипедів вітчизняним виробником пояснюється зростанням ціни готового виробу, а трюкових – схильністю алюмінієвих сплавів до втомного руйнування.

Серед сплавів алюмінію найбільшого поширення у виробництві велосипедних рам набули сплави 6061 та 7005. Українські виробники використовують лише сплав 6061.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Однією з основних проблем застосування алюмінієвих сплавів є недостатнє врахування властивостей сплавів під час використання їх у виготовленні рам велосипедів.

Мета статті. Головною метою цієї роботи є аналіз механічних та технологічних властивостей найбільш широко використовуваних алюмінієвих сплавів та внесення пропозицій щодо їх використання у різних типах велосипедних рам.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо характеристики алюмінієвих сплавів 6061, 7005 та 7075 (табл. 1, табл. 2). На останніх етапах виробництва рами велосипеда проводиться термічне оброблення, тому характеристики сплавів обов'язково розглядаємо у термообробленому стані.

Таблиця 1

Хімічний склад алюмінієвих сплавів 6061, 7005, 7075, у % [3]

Марка сплаву	Елемент								
	Al	Cr	Cu	Fe	Si	Ti	Zn	Mg	Mn
7005-T6; 7005-T63; 7005-T6351	91 - 94.7	0.06 - 0.2	max 0.1	max 0.4	max 0.35	0.01 - 0.06	4 - 5	1 - 1.8	0.2 - 0.7
6061-T6; 6061-T651	95.8 - 98.6	0.04 - 0.35	0.15 - 0.4	max 0.7	0.4 - 0.8	max 0.15	max 0.25	0.8 - 1.2	max 0.15
7075-T6; 7075-T651	87.1 - 91.4	0.18 - 0.28	1.2 - 2	max 0.5	max 0.4	max 0.2	5.1 - 6.1	2.1 - 2.9	max 0.3

Таблиця 2

Механічні властивості алюмінієвих сплавів 6061, 7005, 7075 [3]

Марка сплаву	Твердість, HB	Границя міцності на розтяг, МПа	Границя текучості, МПа	Відносне подовження, %	Модуль пружності, ГПа	Обмежена границя втоми при 500 млн циклів навантаження, МПа	Питома міцність, МПа*см ^{3/4}
7005-T6; 7005-T63; 7005-T6351	94	350	290	13	72	150	125,90
6061-T6; 6061-T651	95	310	276	12	68,9	96,5	114,81
7075-T6; 7075-T651	150	572	503	11	71,7	159	203,56

Як відомо [4; 5], основними механізмами зміцнення алюмінієвих сплавів є легування твердого розчину та виділення вторинної фази. Механізм зміцнення легуванням твердого розчину полягає у викривленні атомної ґратки алюмінію розчиненими елементами, зниженні рухливості дислокацій та, відповідно, підвищенні механічної міцності та твердості. Розчинні в алюмінії легуючі елементи Cu, Mg, Mn, Si та Zn під час відповідного термічного оброблення призводять до виділення вторинної фази. Переважно, один з механізмів є домінуючим.

Як видно з табл. 2, сплав 6061 має границю міцності на 13 % нижчу за сплав 7005 та на 84,5 % за сплав 7075. При цьому модуль пружності, що характеризує жорсткість матеріалу, для наведених сплавів практично однаковий. Основним недоліком алюмінієвих сплавів є схильність до втомного руйнування, величина обмеженої границі втоми для сплаву 6061 на 35,6 % менша, ніж для сплавів серії 7000, тому він є більш схильним до утворення тріщин.

Таким чином, сплав 7005 має більш високу міцність, ніж сплав 6061 за рахунок більш високого вмісту легуючих елементів, підвищеною корозійною стійкістю. Водночас підвищений вміст легуючих елементів знижує технологічність виготовлення рами зі сплаву 7005.

Сплав 7075 за всіма механічними показниками перевищує 6061, але напівфабрикати з цього сплаву поставляються лише у загартованому та штучно зістареному стані, що значно ускладнює технологічні операції та виключає найбільш розповсюджений спосіб нероз'ємного з'єднання деталей з алюмінієвих сплавів – аргонодугове зварювання.

Можна зробити висновок, що технологічність і схильність до утворення тріщин втоми розглянутих алюмінієвих сплавів знижується від 6061 до 7075, при цьому збільшується питома міцність та жорсткість виробів з них.

Зазначимо, що рами гірських велосипедів повинні витримувати значні ударні навантаження та мати мінімальну вагу. Для цих рам більш доцільним є використання сплавів серії 7000, які менш схильні до утворення тріщин.

Міські та дорожні велосипеди використовуються в умовах невеликих динамічних навантажень, не висувають жорстких умов щодо ваги, тому в їх виробництві буде оптимальним використання сплаву 6061. Він знизить вагу велосипеда, що зменшить навантаження на велосипедиста, та дозволить використати різні конструктивні рішення при виробництві рами.

Використання алюмінієвих сплавів у виробництві рам для виконання трюків ускладнено їх схильністю до втомного руйнування. Застосування алюмінієвих сплавів для виготовлення рам дитячих велосипедів є економічно недоцільним.

За результатами опитувань у соцмережах, найбільш розповсюдженим алюмінієвим сплавом для рам велосипедів є 6061. Тобто споживачі віддають перевагу достатньо низькій вазі, надійності, відносно невисокій вартості та ремонтпридатності рам з цього сплаву.

Висновки і пропозиції. В асортименті українських виробників велосипедів переважають рами з низьколегованої сталі, але кількість моделей з алюмінієвими рамами поступово зростає, наближаючись до світових лідерів Cube, Giant, Scott, Specialized, в асортименті яких алюмінієві рами становлять більше двох третин. Найбільш широко алюміній використовується для рам гірських велосипедів (87,4 %), відсутній у дорожніх, дитячих (6,25 %) та трюкових. Обмеження використання алюмінію у рамах дитячих і дорожніх велосипедів вітчизняним виробником пояснюється зростанням ціни готового виробу, а трюкових – схильністю алюмінієвих сплавів до втомного руйнування.

Серед сплавів алюмінію найбільшого поширення у виробництві велосипедних рам набули сплави 6061 та 7005. Українські виробники використовують лише сплав 6061.

З аналізу механічних властивостей сплав 7005 має більш високу міцність, ніж сплав 6061 за рахунок більш високого вмісту легуючих елементів, підвищеною корозійною стійкістю. Водночас підвищений вміст легуючих елементів знижує технологічність виготовлення рами зі сплаву 7005. Сплав 7075 за всіма механічними показниками перевищує 6061, але напівфабрикати з цього сплаву поставляються лише у загартованому та штучно зістареному стані, що значно ускладнює технологічні операції та виключає найбільш розповсюджений спосіб нероз'ємного з'єднання деталей з алюмінієвих сплавів – аргонодугове зварювання. Технологічність і схильність до утворення тріщин вто-

ми розглянутих алюмінієвих сплавів знижується від 6061 до 7075, при цьому збільшується питома міцність та жорсткість виробів з них.

Залежно від типу велосипеда внесено такі рекомендації щодо застосування сплавів: для рам гірських велосипедів більш доцільним є використання сплавів серії 7000, які менш схильні до утворення тріщин; для рам міських та дорожніх велосипедів буде оптимальним використання сплаву 6061. Використання алюмінієвих сплавів у виробництві рам для виконання трюків ускладнено їх схильністю до втомного руйнування. Застосування алюмінієвих сплавів для виготовлення рам дитячих велосипедів є економічно недоцільним.

Список використаних джерел

1. *Офіційний сайт ТОВ «Ардіс»* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ardis.com.ua>.
2. *Рейтинг самых популярных производителей велосипедов* [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://menspassion.ru/rejting-samyx-populyarnyx-proizvoditelej-velosipedov>.
3. *ASM Metals Handbook Vol. 2, Properties and Selection of Nonferrous Alloys and Special Purpose Materials*, ASM International, p. 222.
4. *Daivs J. R., Ed., Aluminum and Aluminum Alloys*, ASM International, 1993. – 784 p.
5. *Мальцева Л. А. Материаловедение / Л. А. Мальцева, М. А. Гервасьев, А. Б. Кутьин.* – Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2007. – 339 с.

УДК 69.05

Г.П. Болотов, д-р техн. наук

С.В. Олексієнко, канд. техн. наук

М.Г. Болотов, канд. техн. наук

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

РУЧНЕ ДУГОВЕ ЗВАРЮВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ СТАЛЕЙ МАЛОАМПЕРНОЮ ДУГОЮ МОДУЛЬОВАНИМ СТРУМОМ

Г.П. Болотов, д-р техн. наук

С.В. Олексієнко, канд. техн. наук

М.Г. Болотов, канд. техн. наук

Черниговский национальный технологический университет, г. Чернигов, Украина

РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА СТРОИТЕЛЬНЫХ СТАЛЕЙ МАЛОАМПЕРНОЙ ДУГОЙ МОДУЛИРОВАННЫМ ТОКОМ

Hennadii Bolotov, Doctor of Technical Sciences

Serhii Oleksiienko, PhD in Technical Sciences

Maksym Bolotov, PhD in Technical Sciences

Chernihiv National University of Technology, Chernihiv, Ukraine

HAND ARC WELDING OF BUILD STEELS BY A LITTLEAMPERE ARC WITH MODULATION OF CURRENT

Досліджено вплив низькочастотної модуляції зварювального струму на характеристики металу шва при ручному дуговому зварюванні на струмах дуги до 70 А. Встановлено, що частота імпульсів струму в межах 10...30 Гц при шпаруватості 1,5...2 забезпечує збільшення глибини проплавлення основного металу зі зниженням зернистості наплавленого.

Ключові слова: дугове зварювання, малоамперна дуга, модуляція зварювального струму.

Исследовано влияние низкочастотной модуляции сварочного тока на характеристики металла шва при ручной дуговой сварке на токах дуги до 70 А. Установлено, что частота импульсов тока в пределах 10...30 Гц при скважности 1,5...2 обеспечивает увеличение глубины проплавления основного металла со снижением зернистости наплавленного.

Ключевые слова: дуговая сварка, малоамперная дуга, модуляция сварочного тока.

Influence of low-frequency modulation of welding current is investigational on descriptions of metal of guy-sutures at a hand arc/w on the currents of arc to 70 Amp. It is set that frequency of impulses of current within the limits of 10... 30 Hertz at porosity 1,5...2 provides the increase of depth of melted of parent metal with the decline of grittiness of weld metal.

Key words: arc/w, littleampere arc, modulation of welding current.