

ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ЗА ЗАВАРЯВАНЕ НА СТОМАНИ

STEEL WELDING EXPERT SYSTEM

ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ДЛЯ СВАРИВАНИЯ СТАЛИ

eng. Atanasova D.
University of Ruse, Bulgaria
E-mail : datanasova@ami.ru.acad.bg

Abstract: In the paper is presenter an author's expert system for selection of additional materials in steel welding. , receiving information about calculation of time and materials consumption. The system allows user also to define concrete preheating temperatures for cold cracking prevention

KEYWORDS: EXPERT SYSTEM, WELDING, INFORMATION SYSTEM IN WELDING

1. Увод

В последните години информационните технологии масово навлязоха в повечето промишлени отрасли. В същото време заваряването е една от малкото вече области, в които използването на информационни системи и технологии все още е доста ограничено. Затова е разработена система, насочена към българските технолози по заваряване с цел улесняване и съкращаване на времето при тяхната работа.

Експертната система за избор на съответствие между стомани и допълнителни заваръчни материали WELD CHOICE е разработена на език, достъпен за българските технологични и производствени инженери. Тя е съобразена с българските и европейските нормативи. Оперирането със системата е лесно и достъпно за всички, които владеят основните принципи за

работа с приложения, управлявани от MS Windows. Всички възможни операции са достъпни за потребителя от входния прозорец, който е показан на фиг.1.

2. Експертна система WELD CHOICE

Системата WELD CHOICE дава на потребителя следните основни възможности, обособени в отделни блокове на работния екран (фиг.1):

- избор на стомана;
- задаване на дебелина на основния заваряван метал;
- избор на вида на заварявания материал (листов или тръби);
- избор на техника на заваряване;
- избор на заваръчна позиция;

The screenshot shows the 'WELD CHOICE' software interface. It includes a title bar with standard window controls. The main area is divided into several functional blocks: 'Избрана стомана' (Selected steel) with an input field and 'ИЗБЕРИ СТОМАНА' (SELECT STEEL) button; 'Приложими допълнителни материали' (Applicable additional materials) with a large empty box; a section for material selection with checkboxes for 'Листов материал' (Sheet material), 'Челно заваряване' (Butt welding), 'Едностранно' (One-sided), 'Тръби' (Pipes), 'Ъглово заваряване' (Angle welding), and 'Двустранно' (Two-sided); 'Предварителна обработка' (Pre-treatment) with a dropdown for 'Дебелина на стоманата' (Steel thickness) set to '3'; 'Заваръчен процес' (Welding process) with a list of options like 'Електродръгово заваряване с обмазани електроди' (Shielded metal arc welding with coated electrodes); 'Избор на заваръчна позиция' (Welding position selection) with a 'Скосяване' (Beveling) button; 'Якостни критерии на заваръчния шев' (Weld quality criteria) with checkboxes for 'Всички' (All) and input fields for Rm, Re, A5, ISO-V, and J; and a bottom section with 'Техника на заваряване' (Welding technique) radio buttons for 'Еднопреходно' (Single pass) and 'Многопреходно' (Multi-pass), and buttons for 'Превенция за студени пукнатини' (Prevention of cold cracks), 'Допълнителни материали' (Additional materials), 'Разходи за време' (Time consumption), 'Изчисти' (Clear), 'Запази' (Save), and 'Изход' (Exit).

Фиг. 1 Входен екран на разработената система WELD CHOICE

- избор на заваръчен метод;
- задаване на якостни критерии;
- извеждане на приложими допълнителни материали;
- извеждане на направените изчисления за приблизителния разход на време и материали;
- извеждане на направените изчисления за превенция от появата на студени пукнатини;
- характеристики на наварения метал.

2.1. Задаване на входни данни на системата

Работата със системата може най-общо да се раздели на два етапа. Първият от тях е въвеждане или избор на входните данни, които са нужни на системата, за да може да даде максимално точен и подходящ за конкретния случай избор на допълнителни материали. В избора на входни данни се включват:

2.1.1. Избор на стомана

Стоманите, съдържащи се в базата от данни, са дадени според символното им наименование по стандарт БДС EN 10027-1 [1]. Изборът на стомана е разделен на три възможни варианта:

- избор на стомана по нейното означение, според наименованието ѝ по стандарт;
- избор на стомана по зададени механични характеристики;
- избор на стомана по зададен химичен състав.

2.1.2. Избор на вид на материала, на съединението и начина на заваряване

В зависимост от вида на заварявания материал; от мястото, на което се намират елементите, подлежащи на

заваряване и тяхното взаимоположение, потребителят може да избере между листов материал и тръби; челно и ъглово съединение, а също и между едностранно и двустранно заваряване, с кликване с мишката върху съответната опция (фиг.1). По подразбиране в началото е избран листов материал, челно, едностранно заваряване. Ако потребителят не промени нищо от тези настройки, те остават такива, каквито са зададени.

2.1.3. Избор на заваръчен процес

В разработената система са заложени най-използваните процеси за заваряване на стомани, и по-точно – ръчно електродъгово заваряване с обмазани електроди, подфлюсово заваряване, електродъгово заваряване с топящ се метален електроден тел в инертен газ (МИГ-заваряване), електродъгово заваряване с топящ се метален електроден тел в активен газ (МАГ-заваряване), електродъгово заваряване с волфрамов електрод в инертен газ (ВИГ-заваряване).

При някои стомани и в определени позиции не е възможно прилагането на всички методи за заваряване, използвани в разработената система. Ето защо, в зависимост от избраната стомана, нейната дебелина и заваръчната позиция, всичките процеси (или само някои от тях) са допустими за избор от потребителя. За тази цел системата показва като активни само тези от процесите, които са възможни за избор при конкретната стомана и заваръчна позиция. Останалите процеси са неактивни (т.е. изписани в по-светъл шрифт) и не могат да бъдат избрани.

Потребителят трябва да избере един от активните процеси (фиг.1), чрез позициониране на мишката върху него и кликване с левия бутон. Активните процеси са тези, които са възможни за използване при избраната стомана и позиция на

WELD CHOICE

Избрана стомана: P235GH

ИЗБЕРИ СТОМАНА

Листов материал Тръби
 Челно заваряване Ъглово заваряване
 Едностранно Двустранно

Предварителна обработка
 Дебелина на стоманата: 6

Заваръчен процес:
 Електродъгово заваряване с обмазани електроди
 Подфлюсово заваряване
 МИГ/МАГ заваряване
 ВИГ заваряване

Избор на заваръчна позиция
 Скосяване

Избраната позиция е: Горизонтална във вертикална равнина
 РС за челно заваряване.
 Избрано е: Едностранно V-образно

Техника на заваряване:
 Еднопреходно
 Многопреходно

Приложими допълнителни материали
 ПРИЛОЖИМИ ЕЛЕКТРОДНИ ТЕЛОВЕ
 ЗА ЕЛЕКТРОДЪГОВО ЗАВАРЯВАНЕ НА P235GH

| EN | |
|------------------|---------------|
| E 38 0 RC 1 1 | FOX MSU |
| E 38 0 RC 1 1 | FOX OHV |
| E 38 0 RC 1 1 | FOX KE |
| E 38 0 RR 1 2 | FOX SUM |
| E 42 0 RR 1 2 | FOX SUS |
| E 42 0 RR 1 2 | FOX EP |
| E 38 2 RB 1 2 | FOX SPE |
| E 38 2 RB 1 2 | FOX SPEM |
| E 38 0 RR 5 4 | FOX HL 160 Ti |
| E 38 0 RR 7 4 | FOX HL 180 Ti |
| E 38 4 B 4 2 H5 | FOX EV 47 |
| E 42 5 B 4 2 H5 | FOX EV 50 |
| E 42 3 B 1 2 H10 | FOX EV 50-A |

Препоръчва се електрод с диаметър 5 mm

Химически състав:

| | | |
|----|------|---|
| C | 0,06 | % |
| Si | 0,3 | % |
| Mn | 0,5 | % |
| Mo | | % |
| Cr | | % |
| Ni | | % |
| P | | % |
| S | | % |
| Sn | | % |
| As | | % |
| Sb | | % |

Якостни критерии на заваръчния шев:
 Всички Rm: 490 N/mm² Re: 430 N/mm² A5: 26 %
 ISO-V: J, при:

Превенция за студени пукнатини

Допълнителни материали

Разходи за време

Изчисти Запази Изход

Фиг. 2 Резултати от работата на системата за стомана P235GH

заваряване. Те са изписани в тъмен цвят, а не активните – в полблед цвят.

2.1.4. Избор на заваръчна позиция;

В настоящата система са зададени за избор основните позиции за заваряване, както те са определени в БДС EN ISO 6947:2000 [2]:

- по 5 за челно и ъглово заваряване на листов материал;
- по 6 за челно и ъглово заваряване на тръби.

За всяка позиция се вижда нейното обозначение и графично означение, според стандарта, а също така и схематичното обозначение на съответната позиция, използвано в различните каталози.

Екранът за избор на позиция се отваря с кликане върху бутон с надпис “Избор на заваръчна позиция” от главния екран (фиг.1). В него се показват само необходимите за определения метод на заваряване и вид на материала позиции, както това е показано на

2.1.5. Избор на техника на заваряване

При заваряване на по-големи дебелини еднопроходната техника на заваряване не е възможна, но има дебелини на метала, при които са възможни, както еднопроходното заваряване, така и многопроходното.

2.1.6. Избор на дебелина и предварителна обработка на основния заваряван метал

При заваряване на стомани е нужно предварително да се знае дебелината на стоманата и в зависимост от нея, при необходимост, да се извърши предварителна подготовка на краищата, които ще бъдат заварявани.

За да зададе дебелината на заварявания метал, на потребителя е нужно да позиционира курсора в прозореца, в дясно от надписа “Дебелина на стоманата” (фиг.1).

За да избере и вида на скосяване, потребителят трябва да кликне с мишката върху бутон с надпис “Скосяване”. Определянето на това какви видове скосявания са възможни за конкретния случай, става в зависимост от избраната дебелина на заварявания детайл, вида на заваряваното съединение (челно или ъглово) и избрания метод на заваряване (подфлюсов или друг).

На екрана се появява отделен прозорец, съдържащ база от възможни скосявания. Те са различни, в зависимост от избраното заваряване (челно или ъглово; едностранно или двустранно); избраният процес на заваряване, а също и от дебелината на заваряваната стомана и са дадени, съобразно изискванията на стандарта БДС EN ISO 9692–2 [4] за подфлюсово заваряване и БДС EN ISO 9692–1 [3] за всички останали процеси на заваряване.

2.1.7. Задаване на якостни критерии

Този блок на главния екран (фиг.1) дава възможност на потребителя да определи ограничителни стойности (не по-малко от) за различни критерии, обединени като “якостни”, а именно:

- R_m – граница на якост на метала на шева (в МПа);
- R_e – граница на провлачване на метала на шева (в МПа);
- A_5 – относително удължение на метала на шева (в %);
- $ISO-V$ – ударна жилавост на метала на шева (в J), в зависимост от околната температура, по подразбиране (т.е., ако не е зададено нещо друго) се приема за 20°C.

2.2. Резултати от работата на системата

След като потребителят е дал достатъчно информация, за да може да използва знанията и данните, зададени в системата,

може да пристъпи към обработка на тази информация и получаване на резултати от работата на системата по нея. Това може да стане, като се избере едната от трите възможности – “Допълнителни материали”, “Превенция за студени пукнатини” и “Разходи за време” (т.е. като се натисне един от трите бутона, със съответния надпис върху него), определящи кои резултати иска потребителят да види (фиг.1)

Ако не са зададени всички необходими за работата на системата параметри, съответните бутони не са активни, т.е. надписите върху тях са бледи и те не могат да бъдат избрани.

2.2.1. Извеждане на приложими допълнителни материали

След избора на всички изброени до тук входни параметри, потребителят може да види крайният резултат от работата на системата. За тази цел трябва да се натисне бутон с надпис “Допълнителни материали”.

В блока “Приложими допълнителни материали” (фиг.2) се появяват списък от възможни такива, а именно:

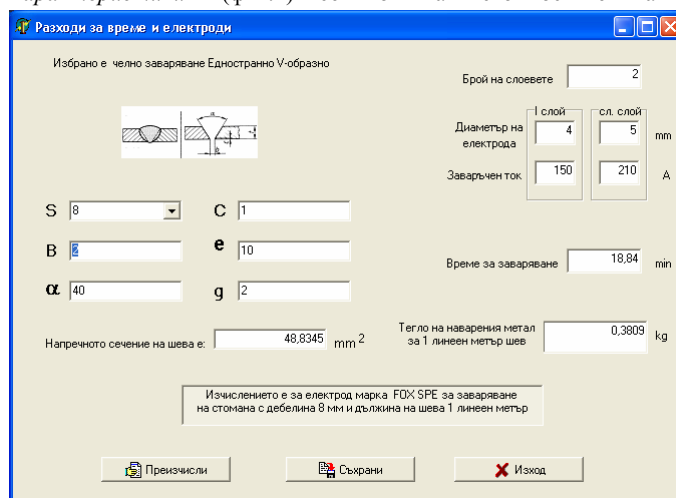
- за ръчно електродъгово заваряване – електроди;
- за подфлюсово заваряване – комбинации от електроди и флюси;
- за МИГ/МАГ заваряване – електроди;
- за ВИГ заваряване – електроди.

Те отговарят на поставените от потребителя до този момент входни изисквания. Той може да ги разгледа и да избере подходящият за него. При желание, има възможност резултата да бъде съхранен във вид на текстов файл, който може да бъде след това разпечатван или използван в последствие. Съхраняването става с избор на бутон с надпис “Съхрани”.

За всяка една от получените, като резултат от работата на системата, електроди или комбинации се извеждат допълнителни характеристики:

- процентно съдържание на въглерод (C), силиций (Si) и манган (Mn) в наварения метал;
- границата на якост на наварения метал (R_m);
- границата на провлачване на наварения метал (R_e);
- относителното удължение на наварения метал (A_5);
- препоръчителни защитни газове – при заваряване в защитна газова среда (МИГ/МАГ или ВИГ заваряване).

При позициониране на мишката върху всяка една комбинация (или електрод), в блока с надпис “Характеристики” (фиг.2) се появяват стойностите на



Фиг. 3 Екран за разходи за стомана P235GH, електродъгово заваряване, едностранно V-образно челно съединение с използване на електрод FOX SPE

изброените по-горе химически и физически характеристики на наварения метал, които биха се получили при заваряване с избраните от потребителя допълнителни материали.

2.2.2. Изчисляване на разходите за материали и време

След като са определени дебелината на заварявания метал, вида на заваряването, вида на скосяване на краищата и вида на допълнителните материали, може да се определят и очакваните разходи на време. За да види резултата от изчислението, потребителят трябва да кликне върху бутона **Разходи за време** от входния екран на системата (фиг.1).

На екрана се появява нов прозорец (фиг.3), съдържащ допълнителните стойности, необходими при изчислението на разходите.

При промяна на някой от параметрите, потребителят трябва да натисне върху бутона с надпис *“Преизчисли”*, за да може да се получат новите стойности.

Получените резултати могат да бъдат съхранени в текстов файл и в следствие да бъдат отпечатани и използвани. За тази цел, потребителят трябва да избере бутона *“Съхрани”*.

| | | | | | |
|-----|--------|---|--------|--|-------|
| Tm | 1518 | Nm | 455,4 | CE _{IIW} | 0,68 |
| Ac1 | 710,44 | Nb | 256,98 | Pcm | 0,37 |
| Ac3 | 823,86 | Log Tm | 1,48 | CE _N | 0,68 |
| Ps | 35,76 | Log Tb | 2 | CE _T | 0,428 |
| Bs | 558,36 | Препоръчаната температура за предварително нагряване е: | | Стоманата P380NH е склонна към образуване на студени пукнатини | |
| Bf | 438,36 | Trn | 190 °C | | |
| Ms | 388,55 | | | | |
| Mf | 183,01 | | | | |

Изход

Фиг. 4 Температурите за топлинни преобразувания и въглеродния еквивалент за стомана P380NH

За затваряне на този прозорец и връщане към основния екран на системата, се кликва с мишката върху бутона с надпис *“Изход”*, или **X** от горния десен ъгъл на прозореца.

2.2.3. Превенция от студени пукнатини

След като са избрани всички параметри на бъдещото заварявано изделие, системата дава възможност на потребителя да види какви са параметрите при топлинното преобразуване на стоманата. За целта е необходимо потребителят да кликне върху бутона **Превенция за студени пукнатини** от главния екран.

Появява се екрана, показан на фиг.4.

Системата изчислява и най-често използваните въглеродни коефициенти и определя температурата на предварително нагряване на база на методика, разработена от автора и базираща се на CEN ISO/TR 17844:2004 [5]. В случай, че няма нужда от предварително нагряване, системата извежда подходящо съобщение, както това се вижда от фиг.4.

3. Заключение

Разработената система е в процес на тестване, при който резултатите от нейната работа са сравнени с опитни данни и са много близки. Базите от данни с допълнителни материали съдържат информация за електроди на фирмите Ихтиман-АД и Böhler, но лесно могат да бъдат допълнени и обогатени.

Системата може да има реален принос в улесняване и осъвременяване на работата на технолозите по заваряване в българските предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. БДС EN 10027-1 Стомана. Системи за означаване Част 1: Символно означаване Основни символи
- [2]. БДС EN ISO 6947:2000 Заваръчни шевове. Положения на заваряване. Определяне на ъглите на наклон и ротация.
- [3]. БДС EN ISO 9692-1:2003 Заваряване и сродни процеси – Препоръки за подготовка на съединението – Част 1: Ръчно електродъгово заваряване, газово заваряване, ВИГ-заваряване и лъчево заваряване на стомани.
- [4]. БДС EN ISO 9692-2:2003 Заваряване и сродни процеси – Препоръки за подготовка на съединението – Част 2: Подфлюсово електродъгово заваряване на стомани
- [5]. CEN ISO/TR 17844:2004 Welding – Comparison of standardized methods for avoidance of cold cracks