مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (25) العدد (13)2003
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol (25) No (13) 2003

تحسين مردود خط إنتاج درفلة قضبان حديدية يعمل بمحركات تحريضية (غير متزامنة) بتصميم طريقة كهربائية جديدة لقص القضبان الحديدية

الدكتور حبيب شيخوك*

(قبل للنشر في 2003/5/7)

□ الملخّص □

يبين هذا البحث عرض لنتائج عملية لخط إنتاج درفلة قضبان حديدية على الحامي في منشأة صناعية تستخدم محركات كهربائية تحريضية (غير متزامنة) ذات دوار ملفوف.

تمت دراسة تأثير تغيرات الحمولة الميكانيكية على محور المحرك التحريضي وانخفاض التوتر على مرابط تغذية المحرك، حيث أن هذه التغيرات تسبب انخفاض في سرعة دوران المحرك وبالتالي سرعة السحب والدرفلة في خط الإنتاج، ومنه أثبتت التجارب أنه باستخدام طريقة قص القضبان الحديدية بالاعتماد على الزمن مع استخدام محركات كهربائية تحريضية (غير متزامنة)، يؤدي إلى هدر كميات كبيرة من الحديد لعدم انتظام سرعة السحب وتواقت قص القضبان، كما يؤدي إلى انخفاض في مردود خط الإنتاج.

للتغلب على هذه المشكلة تم تصميم طريقة جديدة واقتصادية لقص القضبان الحديدية المنتجة في خط الإنتاج تعتمد على تغيرات سرعة السحب بدلا من الزمن ،حيث تم ربط مولد نبضات مع محور دوران المحرك التحريضي، إضافة إلى عداد نبضات إلكتروني رقمي يقوم بتعداد النبضات الصادرة عن مولد النبضات.

أكدت نتائج تطبيق هذا النظام الذي تم تصميمه، أنه يمكننا بوساطتها الحصول على اقل كمية من الهدر، وتحسين مردود خط الإنتاج.

*مدرس بقسم الطاقة الكهربائية . كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية . جامعة تشرين–اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (25) العدد (13)2003
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol (25) No (13) 2003

Efficiency Improvement in the Production Line of Hot Rolling Mills Working With (Asynchronous) Induction Motors by Designing New Electrical System for Cutting Steel Construction Rods

Dr. Habib Shekhook*

(Accepted 7/5/2003)

□ ABSTRACT □

This paper aims to perform the result of a practical investigation of the cutting process of produced construction steel rods in hot rolling mills used in an industrial establishments, which use slip-ring induction motors (asynchronous).

The influence of mechanical load changes on the motor axes, and the under voltage on the supply of motor have been studied, these changes cause reduction of motor speed and the rolling speed of production line, Experimental results ensure that using the time dependent system for rods cutting process with (asynchronous) induction motors causes very huge losses of iron, and reduction in production line efficiency.

To overcome this problem a new economical system has been designed for cutting. This system depends on changes of rolling speed instead of time. To achieve this aim, rotary pulse generator and electrical digital counter are connected to the axis of the motor.

Results of applying new designed system, confirm minimization of lost quantities, and improvement in the efficiency of production line.

***Lecturer in The Electrical Department – Faculty of Electrical and Mechanical Engineering - Tishreen University**

مقدمة:

تعد خطوط إنتاج الحديد على الحامي من أهم خطوط الإنتاج التي تقوم بإنتاج جميع أنواع المقاطع الحديدية (البر وفيلاتPROFILES) - مثل المبروم المحلزن (الإنشائي) والمربع والمبسط الصناعي وذلك بطريقة السحب والدرفلة على الحامي.

وقد تطورت هذه الصناعة كثيرا عن السابق مما أدى إلى ظهور خطوط إنتاج عديدة وبتصاميم مختلفة،حيث أن سعر التكلفة الإنشائية لخطوط الإنتاج هذه يلعب دوراً كبيراً في اختلاف التصميم من خط إنتاج إلى آخر [13,14.15,28,29 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12]. تعتبر درفلة الحديد على الحامي وتبريد الحديد المنتج (من أجل الحصول على مقاطع بجودة عالية في معمل للقضبان الحديدية وقضبان الأسلاك) من بين أعقد عمليات التصنيع في صناعة ودرفلة الحديد على الحامي [28,29,1]. إن الاختلاف الجوهري والأساسي بين خطوط الإنتاج لهذا النوع من الصناعة الثقيلة يتعلق بسرعة السحب المطلوبة(متر/ثانية)، وكذلك يتعلق بنوع المحركات الكهربائية المستخدمة [1,4,5,11,19,20,21,22,29] حيث تقوم هذه المحركات عن طريق علب السرعة (Gear Box) المركبة بين المحرك واسطوانات الدرفلة بعمليات السحب كما في الشكل (1). إن سرعة السحب (متر/ثانية) تلعب دورا كبيرا في نوع وجودة المقطع المد رفل والمسحوب وتلعب دورا كذلك في كمية الإنتاج خلال ساعة واحدة كما هو واضح في الجدول رقم (1) [1,3,28]. وقد أدى التطور السريع في التحكم بسرعة المحركات الكهربائية بالوصول إلى سرعة للسحب تصل حتى (30) متر/ثانية [1,3,4,5,6]. مما أدى إلى زيادة إنتاجية خط الإنتاج إلى(80) طن في الساعة الواحدة. أدت هذه الزيادة في كمية الإنتاج إلى زيادة في سعر الكلفة التأسيسية لخطوط الإنتاج، اخذين بالأعتبار أن المشكلة الكبيرة في رفع كميات الإنتاج هو تأمين مواد خام وبكميات كبيرة لهذه الخطوط من أجل أن تعمل بدون توقف حيث أن عدد ساعات العمل الوسطي في اليوم هو (20) ساعة وعدد أيام العمل السنوي هو (280) يوم تقريبا [1,3,4,6,28,29]. وعند استخدام حلول متقدمة ومرنة يؤدي إلى الحصول على جودة عالية ومطلوبة وفق القياسات العالمية (GOST–BS – ASTM) وبأقل كمية من الهدر في الإنتاج وزيادة مردود خط الإنتاج [28].

هدف البحث :

إجراء دراسة ميدانية تطبيقية لخط إنتاج للقضبان الحديدية على الحامي في منشأة صناعية [29] تطبق فيها طريقة لقص القضبان الحديدية معتمدة على الزمن كما في الشكل (2)، علما أنه تستخدم في خط الإنتاج هذا محركات تحريضية (غير متزامنة) ذات دوار ملفوف [21,22] وبدون تنظيم لسرعة دورانها. ولكن طريقة القص للقضبان الحديدية في خط الإنتاج المذكور [29] تؤدي إلى هدر كبير في الإنتاج وذلك من جرّاء استخدام الطريقة المعتمدة على الزمن باستخدام محركات تحريضية (غير متزامنة). لذلك تم تصميم طريقة كهربائية جديدة من قبل الباحث لعملية قص القضبان الحديدية والتي تعتمد على سرعة السحب بدلا من الزمن، فأدى هذا إلى وفر اقتصادي ومالي كبير وإلى سهولة فنية كبيرة في التحكم في قص طول القضبان الحديدية كما في الشكل(3).

شرح طريقة عمل خط الإنتاج لسحب ودرفلة الحديد على الحامي وفق الواقع العملي [29]:

تختلف خطوط الإنتاج لسحب الحديد على الحامي عن بعضها البعض وفق طريقة السحب المعتمدة ووفق نوع المحركات الكهربائية المستخدمة في خط الإنتاج والدرفلة حيث أن هذه العوامل تلعب دورا كبيرا في الكلفة الإنشائية والتي تكون باهظة في كثير من الأحيان [1,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,28].

تستخدم أنواع مختلفة من المحركات الكهربائية لهذا النوع من خطوط الإنتاج مثل :

1 . محركات تيار مستمر مع تنظيم لسرعة هذه المحركات [4, 5, 6].

2 . محركات كهربائية تحريضية (غير متزامنة) ومقادة بواسطة مبدلات تايروستورية للتحكم بسرعة المحركات ، حيث تم استخدامها بشكل واسع في الآونة الأخيرة[1,2,3,5,9,28] ولكن هذا النوع من المحركات يؤدي الى زيادة في سعر الكلفة التأسيسية لخطوط الإنتاج.

3. محركات تحريضية (غير متزامنة) ذات دوار ملفوف أوقفص سنجابي (بدون التحكم بسرعة هذه المحركات) [10,11,12,13,14,15,29] . علما أنه تستخدم الطريقة الثالثة بكثرة في تركيا بسبب التكاليف الإنشائية الرخيصة لخطوط الإنتاج بالمقارنة مع الطرق الأخرى.

وبعد صدور قانون الاستثمار رقم/10/لعام1990 ، تشجع القطاع الخاص في سوريا على استيراد خطوط لإنتاج القضبان الحديدية على الحامي في سوريا من المواد الخام المستوردة. علما أنه توجد حاليا في سوريا ستة خطوط إنتاج للدرفلة والسحب ، أربعة من هذه الخطوط تعمل وفق النوع الثالث والمستخدم بكثرة في تركيا ،لأن الكلفة الإنشائية لها أرخص من باقي خطوط الإنتاج الأخرى ، واثنان من الخطوط يعملان وفق النوع الأول. وسوف نشرح عملية الإنتاج للنوع الثالث من خطوط الإنتاج وفق الشكل (1) للمنشأة الصناعية [29].

بالعودة إلى الشكل (1) يتم تسخين الحديد الخام في فرن خاص [Reheating Furnace] يعمل بوقود الفيول (FUEL-OIL) الى درجة حرارة تصل حتى (1250) درجة مئوية ، أي إلى درجة أقل من درجة الانصهار. ومن ثم يخرج الحديد ويسمى البيليت (BILET) ويكون مقطعه على شكل مربع (10 × 10) سم وبطول (3) متر من الفرن ويسقط على طاولة العفس الأولى (Roughing table) حيث يتم عفسه عند القائم الأول، (1) STAND سبع عفسات متتالية ومن ثم يخرج من طاولة العفس الثانية ليمرمن خلال المقص الطيار الأول (Flying shear) الذي يقوم بتنظيف رأس البيليت المعفوس ويدخل في القائم الثاني (2) STAND ويستمر من (STAND) إلى آخر حتى يصل إلى القائم (15)STAND وعند هذا القائم يأخذ الحديد المد رفل الشكل والمقطع المطلوب ويسمى القائم الأخير بـ (Finishing stand).

تدار اسطوانات الدرفلة لهذا القائم (15 stand) عن طريق محرك تحريضي (غير متزامن) استطاعته (500) كيلو وات ذي دوار ملفوف. مواصفات هذا المحرك هي كما في الجدول رقم (2) [21]. تدور اسطوانات الدرفلة لهذا القائم بسرعة قدرها (800) دورة / دقيقة عند سرعة للمحرك على فراغ تساوي (997) دورة / دقيقة ، حيث توجد علبة تخفيض للسرعة بين المحرك واسطوانات الدرفلة نسبة التخفيض فيها (800 / 997).

بعد خروج الحديد المد رفل من القائم (15 STAND) يمر من خلال المقص الطيار الثاني بسرعة سحب قدرها ((13.4 متر/ ثانية (قطرالدرفيل R=320 mm) يقوم هذا المقص بقص المنتج وفق الأطوال المطلوبة ومن بعدها ينتقل المنتج إلى طاولة التبريد (Cooling Bed) حيث يتم تبريده ببطء ومن ثم ينتقل إلى المقص

الميكانيكي النهائي الذي يقوم بتقطيع قضيب الحديد ذي الطول (36) متر إلى ثلاثة قضبان بطول(12) متر وبعدها ينتقل الحديد إلى منطقة التصفيف والتحزيم ليتم ربطه على شكل ربطات نظامية بطول (12) متر نظامي.

ملخص المشكلة الموجودة في خط الإنتاج للقائم (Stand 15) **وشرح طريقة قص القضبان الحديدية التي تعتمد على الزمن :**

آ **. محتويات المقص الطيار** (Flying shear) [29] :

يتكون المقص الطيار كما في الشكل(2) من سكين في الأعلى وسكين في الأسفل مرتبطين مع علبة سرعة تتحرك عن طريق محرك تحريضي استطاعته (30Kw) وهذا الزوج من السكاكين يدوران بعكس بعضهما البعض بحيث يؤدي إلى قص القضبان الحديدية وهي تتحرك إلى الأمام ، وإن هذين السكينين يبقيان ثابتين عن طريق الهواء المضغوط واللذين يأخذان الأوامر عن طريق مفتاح هواء كهربائي الذي يأخذ الأوامر من المؤقت الزمني (Timer) ، وبمجرد أخذ مفتاح الهواء الأمر من المؤقت الزمني فإن زوج السكاكين يتحركان ويدوران دورة كاملة ويعودان إلى نقطة البداية مرة ثانية ، وعند عملية الدوران تلتقي السكاكين في نقطة واحدة تؤدي إلى قص القضبان الحديدية.

بالعودة إلى الشكل (1) نجد أنه عندما يخرج الحديد المنتج من القائم الأول (STAND 1) ويتابع الدرفلة عبر القوائم الباقية حتى يصل إلى القائم الأخير لتشكيل المقطع المطلوب (STAND 15) (Finishing stand) فإن القائمان (14) و(15) يدوران عن طريق محرك تحريضي (غير متزامن) (500Kw) وفق المواصفات المبينة في الجدول رقم (2) حيث الدرفيل أو اسطوانة الدرفلة في القائم رقم (15) تدور بسرعة (800) دورة / دقيقة عند دوران المحرك على فراغ بسرعة قدرها (997) دورة / دقيقة علما أن نسبة تخفيض السرعة تساوي (1,24)، وقطر اسطوانة الدرفلة لهذا القائم R= 320 mm وسرعة السحب تساوي (13,4) متر/ ثانية.

ب . جوهر المشكلة لخط الأنتاج [تأثير تغيرات الحمولة وانخفاض التوتر على سرعة دوران المحرك في القائم (STAND 15)] [29] :

في خط الإنتاج يقوم المحرك التحريضي ذي الاستطاعة (500KW) بتدوير علبة السرعة مع اسطوانات الدرفلة للقائم (14)+(15) بسرعة قدرها(997) دورة / دقيقة (بدون حمولة)، وعندما يصل الحديد المنتج المد رفل إلى القائم (15) ليأخذ الشكل والمقطع المطلوب ، تنخفض سرعة المحرك إلى (990) دورة / دقيقة (هذا في حال دخول منتج واحد أو قضيب واحد في اسصوانة الدرفلة) أما في حال دخول منتج ثاني (قضيب ثاني) مع الأول إلى القائم (15) وإلى اسطوانة الدرفلة ذاتها تنخفض سرعة المحرك حتى(981) دورة / دقيقة مع العلم أن هذه القيم تمت قراءتها ميدانياً ولمرات عديدة عن طريق مقياس سرعة دوران (ليزري). وحسب الشكل رقم (2) فإن ألمؤقت الزمني الذي نقوم بتعييره مسبقاً من أجل قص القضبان الحديدية (ومن أجل طول قدره 36 متر) يكون تعييره ثابتا ولا يتغير مع تغير سرعة اسطوانة الدرفلة لأنه من الصعب جداً أن نقوم بتغيير قيمة العيار الزمني للمؤقت الزمني مع تغيير سرعة دوران الدرفيل (الاسطوانة).

بما أن المحركات التحريضية (الغيرمتزامنة) عند استثمارها تعمل بحمولات متغيرة وذلك من حالة اللاحمل وحتى الحمولة الاسمية، فإن هذا يؤدي إلى تغيرات في سرعة دوران المحرك وبالتالي سرعة (اسطوانات الدرفلة) وهذه هي إحدى السيئات التي تؤدي إلى انخفاض في سرعة السحب في القائم (15 STAND). كما يمكن أن يتعرض المحرك عند عمله بحمولات متغيرة ، إلى انخفاض في التوتر المغذي لملفات جزئه الثابت من منبع

التغذية ، حيث يؤدي هذا إلى تغيرات في الدلائل الأساسية التي يتصف بها المحرك التحريضي [16,17,18,19,20,26,27] مثل :

1 . انخفاض في قيمة ق. م. ك للمحرك (E).

2 . انخفاض في قيمة الفيض المغناطيسي (f).

3 . انخفاض في قيمة عزم المحرك (T).

4 . انخفاض في قيمة تيار اللاحمل (تيار المغنطة) (I_o).

5 . زيادة في قيمة الانزلاق (S).

6 . زيادة في قيمة تيار الدوار (I_2').

وبالرجوع إلى معادلة العزم العامة للمحرك التحريضي [16, 17,18,26]

$$T = \frac{3}{S.w_1} \cdot \frac{R_2'.Un^2}{\left(R_1 + \frac{R_2'}{S}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2} \qquad (1)$$

حيث أن:

T– عزم المحرك الاسمي.

S– الانزلاق.

w_1– السرعة الزاوية للساحة المغناطيسية الدوارة للثابت.

U_n– التوتر الطوري الاسمي المطبق على مرابط المحرك.

R_1 – المقاومة الفعالة لملفات الثابت.

R_2' – المقاومة الفعالة للدوار منسوبة إلى الثابت.

X_1 – المفاعلة التحريضية التسربية لملفات الثابت.

X_2' – المفاعلة التحريضية التسربية للدوار منسوبة إلى الثابت.

نجد أن العزم على محور المحرك يتناسب طرداً مع مربع التوتر (U_n) وعكساً مع قيم (R_1) والمفاعلات التسربية $(X_1 + X_2')$ وطرداً مع (R_2') ، ومن أجل حمولة ذات عزم ثابت مطبقة على محور المحرك ، فإن أنخفاض توتر التغذية على مرابط تغذية المحرك يؤدي إلى ازدياد في قيمة الانزلاق (S) (أي انخفاض في سرعة دوران المحرك). كما أن انخفاض التوتر هذا يؤثر على عزم المحرك الدوراني المتولد وينقصه ويؤدي إلى الإساءة بخصائص تشغيل المحرك. لاستخراج علاقة الانزلاق (S) بدلالة توتر التغذية (U_n) للمحرك نستعين بالعلاقة التقريبية للعزم [16,17,18,26] :

$$T \approx \frac{2T_{cr}}{S_{cr}}.S \qquad (2)$$

حيث أن:

T_{cr}– العزم الحرج (العزم الأعظمي).

$S_{cr} = S_{T\,max}$ – الانزلاق الحرج (عند العزم الأعظمي).

من العلاقة (2) نستنتج علاقة الانزلاق (s) بدلالة العزم الحرج (T_{cr})

$$S \approx \frac{T}{T_{cr}} \cdot \frac{S_{cr}}{2} \qquad (3)$$

علماً أن الانزلاق الحرج يساوي:

$$S_{cr} = S_{T\,max} = \frac{R_2}{X_1 + X_2}$$

فعند ثبات عزم الحمولة المطبق على محور المحرك، وانخفاض التوتر المطبق على مرابط تغذية المحرك، فإن الانزلاق (s) يتناسب عكسا مع العزم الحرج T_{cr}، لأن الانزلاق الحرج (S_{cr}) لا يتعلق بالتوتر، وبما أن العزم الحرج (T_{cr}) يتناسب طردا مع مربع التوتر (U_n) فإن الانزلاق يصبح متناسبا وفق العلاقة:

$$S \approx \frac{1}{(U_n)^2} \qquad (4)$$

أضف إلى ذلك فإن المحركات التحريضية في خط إنتاج الدرفلة للمنشأة الصناعية [29] تتعرض إلى انخفاض للتوتر بسبب الشبكة العامة ، ويصل في بعض الأحيان إلى نسبة قدرها % (20–10) من التوتر الاسمي للمحرك ، وهذا يؤدي بدوره إلى انخفاض في سرعة دوران المحرك وبالتالي (سرعة اسطوانات الدرفلة) عند تطبيق حمولات اسمية على محور المحرك.

أما بالنسبة للمحرك التحريضي المربوط مع القائم (STAND 15) وفق الجدول (2) ذو المواصفات التالية [21].

$P_n = 500$ Kw $\quad n_s = 1000$ R.P.M $\quad n_n = 982$ R.P.M $\quad U_n = 380$ v

فإن الانزلاق الاسمي للمحرك (S_n) يساوي :

$$S_n = \frac{1000 - 982}{1000} = 0.018 \qquad (5)$$

وبما أن الانزلاق الاسمي يتناسب عكساً مع مربع التوتر النظامي نكتب وفق العلاقة (4)

$$S_n \approx \frac{1}{(Un)^2} \approx \frac{1}{(380)^2} \qquad (6)$$

أما الانزلاق عند انخفاض التوتر إلى % 10 من التوتر الأساسي يساوي :

$$S \approx \frac{1}{(Un)^2} \approx \frac{1}{(342)^2} \qquad (7)$$

ومنه :

$$\frac{S}{S_n} = \left(\frac{380}{342}\right)^2 \Rightarrow S = \left(\frac{380}{342}\right)^2 \cdot 0.018 = 0.022 \qquad (8)$$

ومنه نحصل على السرعة الجديدة عند انخفاض التوتر إلى قيمة % 10

$$n = (1 - S) \cdot n_s = (1 - 0.022) \cdot 1000 = 978\ \text{R.P.M} \qquad (9)$$

أما سرعة الدوران الجديدة من أجل انخفاض قدرة % 20 من التوتر الاسمي تساوي

$$n = (1 - S) \cdot n_s = (1 - 0.028) \cdot 1000 = 972\ \text{R.P.M} \qquad (10)$$

فإذا أخذنا بالاعتبار لحظات التحميل على محور المحرك وانخفاض التوتر معا،فإن هذا سوف يؤدي إلى انخفاض في سرعة المحرك تصل إلى قيم لا يمكن التغاضي عنها، مما يسبب في هدر كبير بالإنتاج للقضبان الحديدية كما في الأشكال (4,5,6,7) [صور حقيقية مأخوذة من خط الإنتاج] [29] لأن عملية قص القضبان الحديدية تعتمد على الزمن كما هو واضح في الشكل (2).

حسابات الهدر للحديد المنتج من جراء استخدام طريقة القص المعتمدة على الزمن حسب الشكل (2):

حالة أولى: حساب زمن القص للحديد المنتج من أجل سرعة (997) دورة / دقيقة لاسطوانات الدرفلة عند القائم (STAND 15) حسب الشكل (2).

1 . لدينا سرعة دوران المحرك n_1= 997 R.P.M على فراغ (بدون حمولة).

2 . لدينا سرعة دوران اسطوانات الدرفلة n_2= 800 R.P.M (حيث توجد علبة مسننات لتخفيض السرعة بين المحرك واسطوانات الدرفلة).

3 . لدينا قطر اسطوانة الدرفلة عند القائم (STAND 15) تساوي R = 320 mm

4 . نسبة تخفيض سرعة الدوران بين المحرك واسطوانات الدرفلة عن طريق علبة السرعة تساوي (عامل تخفيض السرعة) $K = \frac{997}{800} = 1.2462$

5 . نحسب محيط اسطوانة الدرفلة $M = R.p = 320 \times 3.14 = 1005.3$ mm

6 . نحسب سرعة دوران اسطوانة الدرفلة في الثانية: $n_3 = \frac{800}{60} = 13.33$ R.P.sec

7 . نحسب سرعة السحب في الثانية وتساوي :

$n_4 = n_3.M = 13,33 . 1005,3 = 13400$ (mm/sec) = 13,4 (m/sec)

8 . حساب الزمن (T_1) من أجل قص قضيب من الحديد بطول (36) متر وفق الطريقة المعتمدة حسب الزمن ويساوي: $T_1 = \frac{36}{13.4} = 2.686(sec) = 2686(m.sec)$

الحالة الثانية: حساب زمن القص للحديد المنتج من أجل سرعة (990) دورة/دقيقة عند الدرفلة وتحميل المحرك ودخول قضيب واحد في اسطوانات الدرفلة.

1 . لدينا سرعة دوران المحرك الجديدة بسبب الحمولة والدرفلة: n_1= 990 R.P.M

2 . نحسب سرعة اسطوانة الدرفلة الجديدة بسبب الحمولة (بعد انخفاض سرعة دوران المحرك).

$$n_2 = \frac{\text{سرعة المحرك الجديدة}}{\text{عامل تخفيض السرعة}} = \frac{990}{K} = \frac{990}{1.2462} = 794.4 \text{ R.P.M}$$

3 . حساب سرعة دوران اسطوانة الدرفلة الجديدة في الثانية :

$$n_3 = \frac{794.4}{60} = 13.24 \text{ R.P.sec}$$

4 . حساب سرعة السحب الجديدة في الثانية وتساوي :

$n_4 = n_3.M = 13,24 . 1005,3 \approx 13,29$ [mm/m.sec]= 13,29(m/sec)

5 . حساب الزمن (T_1) الجديد من أجل قص قضيب حديد بطول (36) متر وفق الطريقة المعتمدة على الزمن ويساوي $T_1 = \frac{36}{13.24} \approx 2.720(sec) = 2720 \quad (m.sec)$

6 . فرق الزمن بين الحالة الأولى والحالة الثانية T_1=2720 – 2686 = 34 m.sec

7 . إن زيادة الزمن من (2686) ميلي ثانية إلى (2720) ميلي ثانية سوف تؤدي إلى زيادة في قص طول قضيب الحديد المنتج يساوي :

$$L = 68 \times 13,07 = 888,76(mm) = 88,87\ cm$$

هذا يعني من أجل الحصول على قضيب حديد نظامي بطول (36) متر ، يجب زيادة زمن المؤقت الزمني (T_1) قيمة قدرها (34) ميلي ثانية.

ولكن هذا يؤدي إلى هدر في الإنتاج ، بسبب عدم ثبات سرعة اسطوانات الدرفلة والمتعلق بعدم ثبات سرعة دوران المحرك والمربوط مع القائم (STAND 15). حيث أن ثبات قيمة المؤقت الزمني (T_1) وعدم ثبات سرعة اسطوانات الدرفلة يؤدي إلى الحصول على أطوال مختلفة من القضبان الحديدية كما واضح في الأشكال (4,5,6,7) (صور حقيقية مأخوذة من خط الإنتاج) [29].

حالة ثالثة: حساب زمن القص للحديد المنتج من أجل سرعة دوران للمحرك تساوي (972) دورة/دقيقة.

[حيث أن هذا الانخفاض بالسرعة سببه الحمولة وانخفاض التوتر معا، وقد يصل هذا الانخفاض حتى 20% من التوتر الاسمي].

1. سرعة دوران المحرك الجديدة في حالة الحمولة وانخفاض التوتر معاً تساوي n_1=972 R.P.M

2. حساب سرعة اسطوانة الدرفلة الجديدة عند انخفاض سرعة دوران المحرك إلى (972) دورة/دقيقة

$$n_2 = \frac{\text{سرعة المحرك الجديدة}}{\text{عامل تخفيض السرعة}} = \frac{972}{K} = \frac{972}{1.2462} = 780\ R.P.M$$

3 . حساب سرعة دوران أسطوانة الدرفلة الجديدة في الثانية وتساوي:

$$n_3 = \frac{780}{60} = 13\ \ R.P.sec$$

4 . حساب سرعة السحب الجديدة في الثانية وتساوي :

$$n_4 = n_3.M = 13.1005,3 \approx 13,07\ (m/sec) \approx 13,07\ (mm/m.sec)$$

5 . حساب الزمن (T_1) من أجل قضيب من الحديد بطول (36) متر وفق الطريقة المعتمدة حسب الزمن

$$T_1 = \frac{36}{13,07} = 2,754\ sec = 2754\ \ m.sec$$

6 . فرق الزمن بين الحالة الأولى والثالثة يساوي : $T_1 = 2754 - 2686 = 68$ m.sec

7 . إن زيادة الزمن من 2686 ميلي ثانية إلى 2754 ميلي ثانية سوف يؤدي إلى زيادة في قص طول قضيب الحديد المنتج وبطول يساوي إلى :

$$L = 68.\ 13,07 = 888,76\ (mm) = 88,87\ cm$$

هذا يعني من أجل الحصول على طول نظامي قدره (36) متر يجب زيادة الزمن (68) ميلي ثانية ولكن هذا يؤدي إلى هدر في الطول قدره (88,82) سم من الحديد المنتج بسبب عدم ثبات سرعة اسطوانات الدرفلة والمتعلق بعدم ثبات سرعة دوران المحرك والمربوط مع القائم (STAND 15).

خلاصة مشكلة خط الإنتاج :

بالعودة إلى الشكل(2) نجد أن كمية الهدر من أجل قضيب واحد من الحديد، تتعلق بثلاثة عوامل أساسية ويمكننا التعبير عنها بالعلاقة التالية :

$$Q = f(F, n, T_1)$$

حيث ان:

F ـ حساسية الخلية الضوئية (وهي مقدار ثابت) [23].

n ـ سرعة دوران المحرك (متغيرة) وتتعلق بتغير الحمولة على محور المحرك وانخفاض التوتر على مرابط تغذية المحرك ، وهذا بدوره يؤثر على سرعة السحب لخط الإنتاج.

T_1 ـ زمن العداد الزمني (هو مقدار ثابت) لا يمكن تغييره مع تغير سرعة المحرك وهو معير مسبقا من أجل الحصول على قضيب من الحديد بطول (36) متر.

من هنا نستنتج أن كمية الهدر تتبع بشكل مباشر إلى تغير سرعة المحرك وأسطوانات الدرفلة المربوطة معه وفيما يلي نبين في الجدول رقم (3) بالأوزان والأطوال للهدر الحاصل من أجل الحالة الثانية ، بسبب اعتماد قص قضبان الحديد على الزمن وذلك من أجل مقاطع مختلفة من أنواع الحديد (المبروم الإنشائي . الصناعي المبسط . الصناعي المربع) حيث أن الهدر في الجدول المذكور هو من أجل كل قضيب بطول (36) متر وليوم عمل واحد لخط الإنتاج.

شرح الطريقة الكهربائية المصممة من (قبل الباحث) والتي تعتمد على سرعة السحب بدلاً من استخدام الطريقة التي تعتمد على الزمن.:

يمكننا إيجاد حل لهدر قضيب الحديد المنتج وفق الشكل (2) والتي تعتمد طريقة قص قضيب الحديد على الزمن بطريقتين :

الطريقة الأولى :تعتمد على تبديل المحركات النحريضية (الغيرمتزامنة) عند القائم STAND15 + STAND14) (بمحركات كهربائية أخرى منتظمة السرعة (محركات تيار متناوب أو تيار مستمر) [1, 2, 3, 4, 5,16,17,18,19, 20, 26, 27,28].

الطريقة الثانية: تركيب مولد نبضاتPULSE GENERATOR)) مع عداد نبضات الكتروني رقمي (DIGITAL PULSE COUNTER) [23,24,25,27].

إن استخدام الطريقة الأولى حل ممتاز ولكنها مكلفة جداً أما استخدام الطريقة الثانية، فهو حل بسيط وغير مكلف بالمقارنة مع الطريقة الأولى.

شرح مبدأ عمل الطريقة الثانية المصممة من قبل الباحث :

اعتماداً على الشكل (3) وعند القائم (STAND 15) استخدم مولد نبضات PULSE GENERATOR) [24]، حيث تم ربطه على نفس محور دوران اسطوانة الدرفلة للقائم (STAND 15) وكما ربط هذا المولد مع عداد نبضات إلكتروني رقمي (DIGITAL PULSE COUNTER) [24] وربط المولد والعداد معاً مع الخلية الضوئية (Photocell) [23] حيث يبدأ عمل عداد النبضات بتعداد النبضات الصادرة من مولد النبضات عندما يمر من أمام الخلية الضوئية قضيب الحديد الحامي.

إن عملية ربط محور اسطوانة الدرفلة على نفس محور مولد النبضات تؤدي إلى أن أي تغير في سرعة دوران اسطوانة الدرفلة إلى تغير في سرعة دوران مولد النبضات علما إن عداد النبضات يعتمد في تعداده على عدد النبضات المرسلة من قبل مولد النبضات (PULSE GENERATOR).

تم اختيار مولد نبضات (PULSE GENERATOR)من صنع شركة (Autonics) [24] ذات الطراز(ENA–500). ومن مواصفات هذا المولد أنه عندما يدور مولد النبضات دورة واحدة فإنه يقوم بتوليد(500)نبضة، كما تم ربط مولد النبضات مع عداد النبضات (DIGITAL PULSE COUNTER) ذات الطراز (Fx6) [24].

طريقة تعيير عداد النبضات وتحديد طول قضيب الحديد المطلوب :

- من أجل اسطوانة الدرفلة للقائم (15 STAND) ذات القطر (R=320 mm) نقوم بحساب محيط الاسطوانة

$$M = R \times p = 320 \times p = 1005 \text{ mm}$$

. نقسم محيط الاسطوانة على عدد النبضات لمولد النبضات ومن أجل دورة واحدة لمولد النبضات.

$$\text{عدد الميليمترات من أجل نبضة واحدة} = \frac{\text{محيط الأسطوانة}}{\text{عدد النبضات للمولد}} = \frac{1005}{500} \approx (2)\text{mm}$$

ومنه نستنتج بأن عدد الميليمترات من أجل نبضة واحدة يساوي تقريبا (2). هذا يعني أنه عندما تدور اسطوانة الدرفلة (2) ميلي متر فإن مولد النبضات المربوط على نفس محور اسطوانة الدرفلة يرسل نبضة واحدة إلى عداد النبضات الذي يقوم بتعداد هذه النبضات، وبعد إن يصل عدد النبضات إلى القيمة المعير عليها عداد النبضات يرسل هذا الأخير إشارة إلى المقص الطيار من أجل قص قضيب الحديد وفق الطول المطلوب. من أجل قضيب حديد طوله (36) متر نقوم بحساب عدد النبضات وفق هذا الطول.

$$\text{عدد النبضات من أجل قضيب طوله (36m)} = \frac{36000}{2} = 18000 \text{ (نبضة)}$$

من هنا نستنتج من أجل (18000) نبضة والمساوية لطول قضيب حديد طوله (36) متر، فإن عداد النبضات يعطي أمراً إلى المقص الطيار لقص قضيب حديد وبطول قدره (36) متر.

مع العلم بأنه تم تعيير عداد النبضات على (18000) نبضة ، ويبدأ بالعمل حين رؤية الخلية الضوئية لقضيب الحديد الحامي، وبعد انتهاء عملية العد فإن عداد النبضات يبدأ عمله من جديد حتى تختفي الرؤية من أمام الخلية الضوئية (Photocell) لقضيب الحديد الحامي (لأن الخلية الضوئية تعمل فقط عندما ترى الحديد الحامي)، علماً أن كل قطعة من البيليت (الحديد الخام) بطول (3) متر تتألف من عدد معين من القطع بطول (36) متر وفق المقطع المراد إنتاجه.

مثال: من أجل قطعة واحدة من البيليت (الحديد الخام) بطول (3) متر ومن أجل إنتاج قضيب بمقطع (8) مم فإن عدد القطع المنتج تساوي (16,5) بطول (36) متر.

بهذا نستنتج إنه باستخدام (مولد نبضات مع عداد النبضات) مربوط مع محور اسطوانة الدرفلة يؤدي إلى الحصول على (نتيجة دقيقة) في عمليات قص قضبان الحديد المنتجة وبأطوال منتظمة ونظامية عند استخدام محركات تحريضية (غير متزامنة) لأن أي تغير في سرعة اسطوانة الدرفلة يؤدي إلى تغير في سرعة دوران مولد النبضات الذي بدوره يؤدي إلى تغير عدد النبضات الصادرة من مولد النبضات.

بـالعودة إلـى الشـكل (3) نجـد أن طـول قضـيب الحديـد النظـامي المطلـوب يتعلـق بالعوامـل التاليـة وفـق العلاقة:

$$L = f (F, n, Pg, Ng)$$

حيث ان:

L - طول قضيب الحديد المطلوب بطول (36) متر.

F -حساسية الخلية الضوئية (وهي مقدار ثابت).

n– سرعة دوران المحرك (متغيرة) وتتعلق بتغير الحمولة على محور المحرك وانخفاض التوتر على مرابط تغذية المحرك.

Pg – عدد نبضات مولد النبضات (متغيرة حسب سرعة دوران المحرك) بسبب ربط المولد مع محور المحرك.

Ng – عدد النبضات المعيرة مسبقا على شاشة عداد النبضات من أجل الحصول على قضيب من الحديد بطول (36) متر (وهو مقدار ثابت) ويتعلق بقطر أسطوانة الدرفلة R وعدد نبضات المولد لدورة واحدة لمحور المولد.

باستخدام هذه الطريقة نكون قد قمنا بتوفير كميات من الهدر اليومي لا يمكن التغاضي عنها كما تم ملاحظة ذلك من خلال الجدول رقم (3) والأشكال(4,5,6,7).

خاتمة :

نجد مما سبق أنه عند استخدام محركات تحريضية (غيرمتزامنة) في خطوط إنتاج درفلة القضبان الحديدية، فإن تغيرات الحمولة على محور دوران المحرك وانخفاض توتر التغذية على مرابط تغذية المحرك تؤدي إلى تغيرات في سرعة دوران المحرك وبالتالي سرعة السحب (متر / ثانية) لخط الإنتاج وهذا يؤثر سلبا على عمليات السحب وتصنيع القضبان الحديدية ، وعلى عملية قص القضبان الحديدية بأطوال متساوية.

ولكن عند استخدام محركات تحريضية (غير متزامنة) في خطوط إنتاج درفلة القضبان الحديدية ومن أجل قص القضبان الحديدية المصنعة ، يجب استخدام طريقة للقص تعتمد على سرعة السحب وليس على الزمن فأن هذا يؤدي الى الحصول على الميزات التالية :

1 . أطوال نظامية للقضبان الحديدية وفق المواصفات العالمية.

2 . تخفيض كميات الهدر في الحديد المنتج إلى أصغر قيمة ممكنة.

3 . زيادة مردود خط الإنتاج.

جدول رقم (1) يبين سرعة السحب والإنتاج من أجل مقاطع مختلفة

22	20	18	16	14	12	10	8	**قطر مقطع قضيب الحديد المبروم (مم)**
2,98	2,46	1,99	1,578	1,208	0,88	0,617	0.395	**وزن المتر الطولي (كغ/متر)**
8	10	10	12	14	14	15	15	**سرعة السحب المطلوبة (متر/ ثانية)**
70	66	62	57	47	45	42	40	**الإنتاج النظري (طن / ساعة)**
57	54	50	45	40	36	34	32	**الإنتاج عملياً (طن / ساعة)**

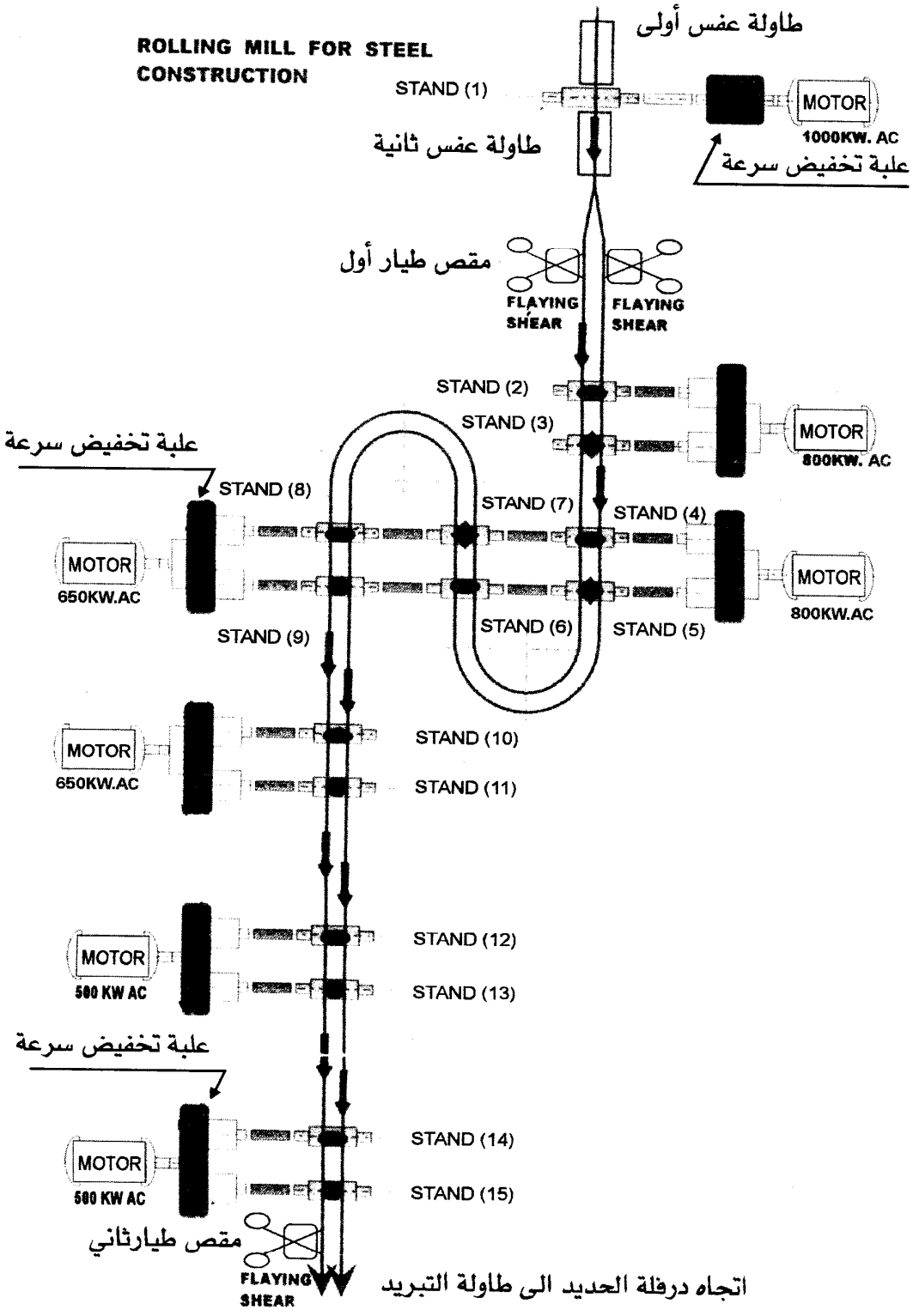
جدول رقم (2) يبين مواصفات محرك كهربائي غير متواقت للقائم (STAND 15)

وهو محرك ذو دوار ملفوف

Type SCUdm 126t sp	SLIP - Ring MOTOR
Output	500 Kw
Duty	S_1
Stator Voltage	380 v delta, 50 Hz
Stator current	883 A
Speed	982 rpm
Power factor	0.91
Rotor voltage	750 v
Rotor current	420 A
Protection degree	Ip 23
Insulation class	F
Max. ambient Temperature	+ 45 C
Pull - up torque	2,3 MN
Moment of inertia	41,2 Kgm2
Mass	3100 Kg
Base Standards	IEC 34-1

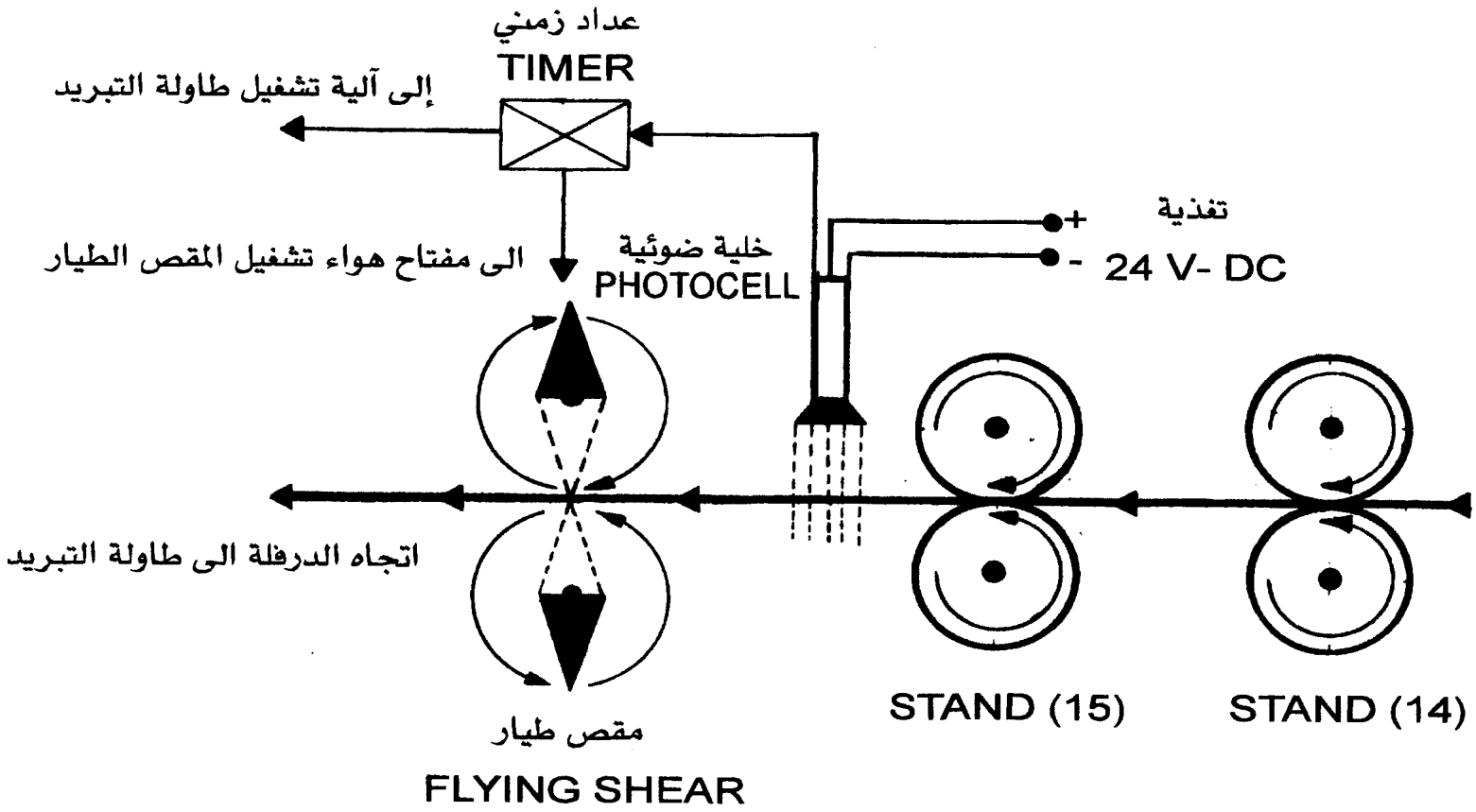
حسابات الحالة الثانية للهدر	حديد محلزن Ø =8 mm	حديد محلزن Ø =10 mm	حديد محلزن Ø =12 mm	حديد محلزن Ø =14 mm	مبسط صناعي (20/5)mm	مبسط صناعي (30/5)mm	مربع (10×10)mm	مربع (16×16)mm
وزن المتر الطولي حسب المقطع (Kg)	0,395	0,617	0,888	1,208	0,785	1,178	0,785	2,01
طول الهدر مع كل قضيب بطـــول (36) متر	45,2 سم	45,2 سم	45,2 سم	45,2 سم	45,2 سم	45,2 سم	45,2 سم	45,2 سم
الوزن المهدور (Kg)	0,18	0,28	0,4	0,54	0,35	0,53	0,35	0,9
سعر الوزن المهدور من أجل(15) ل . س للكغ الواحد	2,7	4,2	6	8,1	5,25	7,95	5,25	13,5
عدد القضبان بطول (36) متر من أجل قطعة بيليت بطول (3) متر	16,5	10,6	7,4	5,4	8,3	5,5	8,3	3,25
الهدر بالليرات من أجل قطعة بيليت بطول(3) متر	44,55	44,52	44,4	43,74	43,57	43,72	43,57	43,87
الهدر اليومي بالليرات لإنتاج يومي قدره (400) طن	75668	75617	75414	74292	74000	74260	74000	74513

جدول رقم (3) يبين حسابات الهدر اليومية من أجل مقاطع مختلفة لقضبان الحديد وذلك من أجل طول للهدر قدره (45,2) سم مع كل قضيب بطول (36) متر

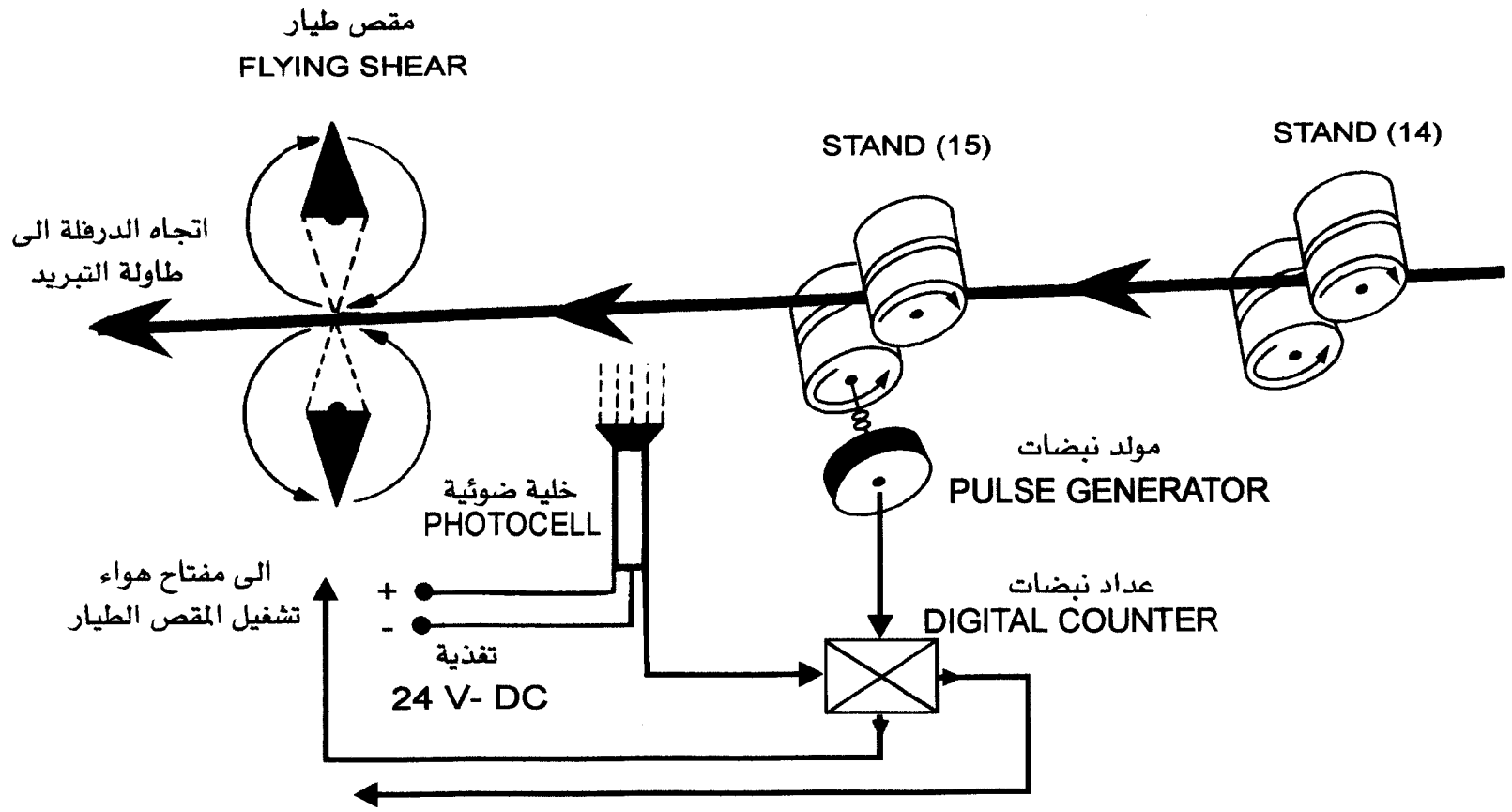


الشكل (1)

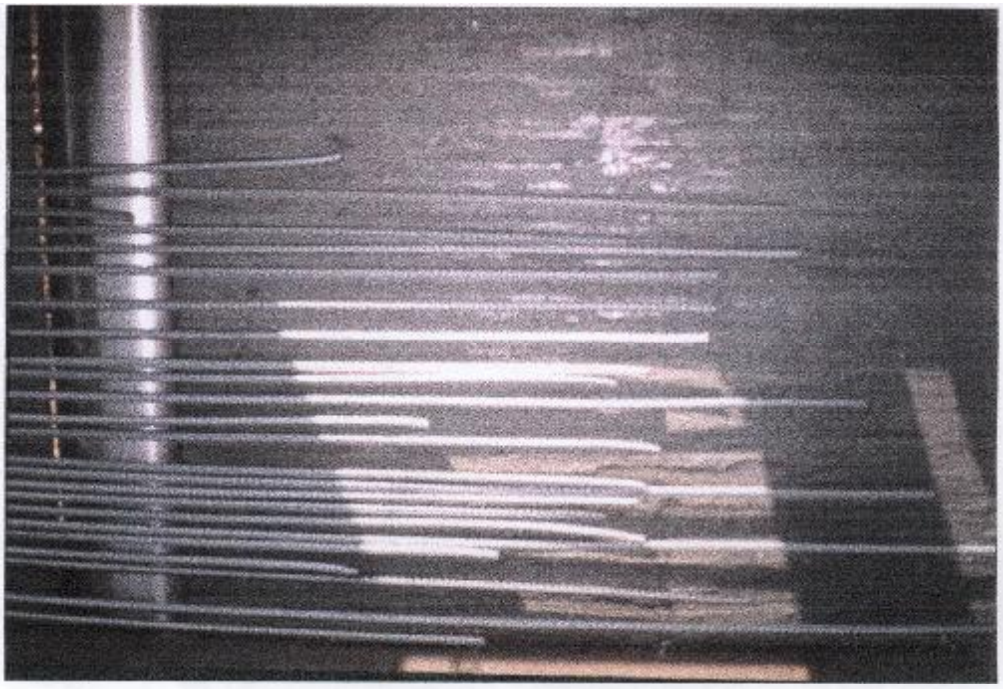
مخطط عام للدرفلة يبين كيفية انتقال الحديد المدرفل من البداية و حتى النهاية



الشكل (2) مخطط خروج الحديد المدرفل من القائم (STAND 15) و علاقة الخلية الضوئية مع المقص الطيار و العداد الزمني (TIMER) وفق الطريقة المتبعة في خط الإنتاج و التي يعتمد فيها قص قضيب الحديد المنتج على الزمن

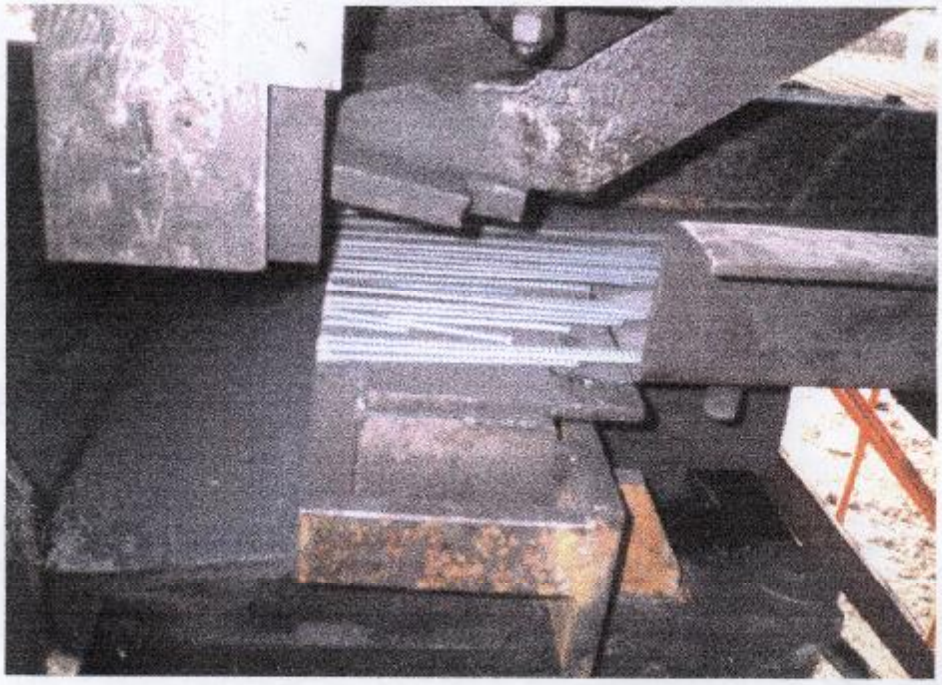


الشكل (3) مخطط خروج الحديد المدرفل من القائم (STAND 15) وكيفية ربط الخلية الضوئـية مع (المقص الطيار و مولد النبضات و عداد النبضات) وفق الطريقة المصممة من قبل الباحث والتي يعتمد فيها قص قضيب الحديد المنتج على سرعة السحب بدلاً من الزمن

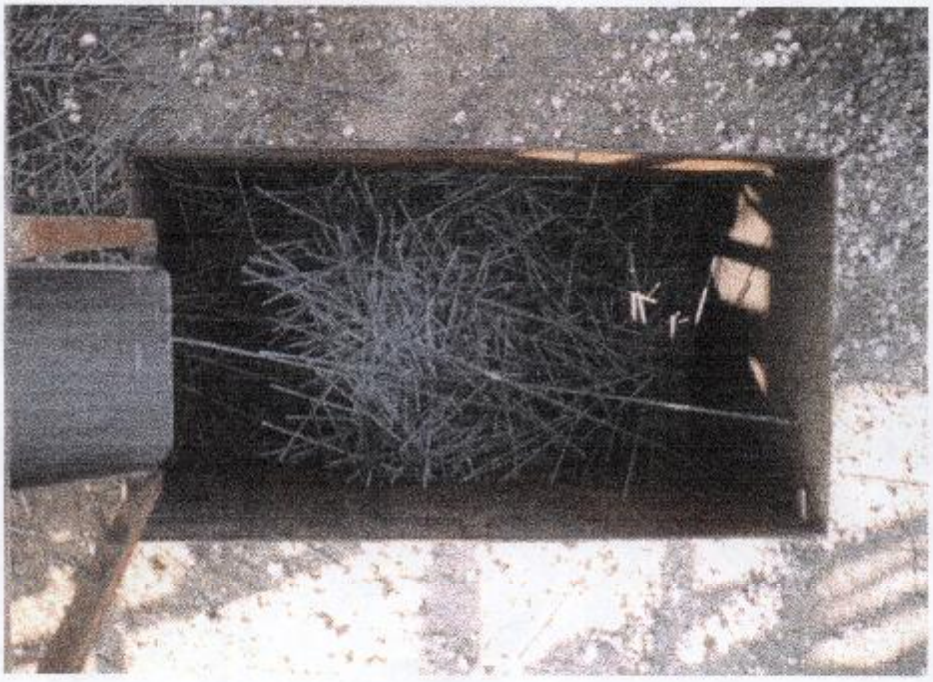


الشكل (4) صورة تبين عدم تساوي طول القضبان الحديدية المنتجة من خط الإنتاج، بسبب عدم انتظام سرعة السحب واعتماد طريقة قص القضبان على الزمن.

الشكل (5) صورة تبين عدم تساوي طول القضبان الحديدية و ذلك عند المقص النهائي.



الشكل (6) صورة تبين كمية الهدر لكل قضيب من القضبان عند المقص النهائي و الذي يقوم بقص قضيب الحديد بطول (36) متر إلى ثلاث قضبان بطول (12) متر



الشكل (7) صورة تبين كميات الهدر الناتجة عن القضبان الحديدية والتي يتم تجميعها في سلة خاصة، حيث يتم ترحيلها إلى أفران الصهر .

المراجع:

.....

1-Siemens AG-industrial solutions and services / Book-2001 /
/www.is.siemens.de /Steel Rolling Mills/Germany.

2-Siemens ATD –Mining & Metals Technologies /Book-2002 /
/www.atd.siemens.de/metals.minig/-Steel Rolling Mills-Germany.

3-ABB Co./Rolling mills/technology/Technical Report-/2001/www.abb.com/

4-SIMAC Co./Hot Rolling Mills/Technical Report-/2001/Italy-www.simac.it

5-DEMAG Group Co./Hot Rolling Mills/Technical Report-/2001/Germany.
/www.sms-demag.de/Germany.

6-SKODA Co./Hot Rolling Mills/Technical Report/2000/www.skoda.cz

7-VATECH Co./www.vatech.at/Technical Report/2002/free literatures.

8-www.mesteel.com/steel links/Hot Rolling Mills/information's & service.

9-Mitsubishi Co./Technical Report/2001/Electrical Equipment for Hot-
Rolling Mills/www.global.mitsubishielectric.com/Japan.

10-Germaksan Co./Productions of Equipments for Rolling Mills/
/www.germaksan.com.tr/Turkey/.

11-NURSAN Company-Turkey-http://www.intermet.com.tr/NURSAN/

12-IZMIR DEMIR GELIK SANAYI –Turkey-www.idcsteel.com

13-CEBITAS Company-Turkey-www.cebitas.com.tr/english/proces.htm

14-ERDEMIR Company/Annual Report/www.erdemir.com.tr/Turkey.

15-Tosyali Iron Steel Industry Co.-Turkey-www.tosyalidemircelik.com

16-REGIME RABOTI ASINKHRONNIKH & SINKHRONNIKH
DVEGATELEY - E.A. SIROMYATNEKOV –IN Russian –/1984/.

17-POWER ELECTRONICS –Circuits, Devices, and Applications-
Muhammad H.Rashid –Prentice-Hall /1993/.

18-AC MOTOR SPEED CONTROL -By T.A.Lipo –University of Wisconsin Madison
WI / U.S.A / and Karel Jezernik –University of Maribor –Slovenia-/2002/.

19-Electrical Equipment For Hot-Rolling Mills –By Ken Okamoto & Yoshiaki Nakagwa-Mitsubishi Electric Advance Magazine-/2000/.

20-Motor-Drive Systems For Steel Rolling Mills-By Yuji Sano & Ichiro Serikama - Mitsubishi Electric Advance Magazine-/1997/.

21-EMIT S.A. /Group Elektrim/catalogue-/2001/www.emit-motor.com.pl

22-ELECTROPUTERE Co./catalogue/ 2000/www.electroputere.ro/mer/en/

23-DELTA SENSORS Co./Catalogue-/2002/-France–www.delta-sa.fr

24-AUTONICS Co. /Manuel Book-/2001/-Korea-www.autonics.co.kr

25-AVTRON Co./Manuel Book-/2002 /pulse generator/-www.avtron.com

26- القيادة الكهربائية- د. محمد عبد الحميد - د. حبيب شيخوك - جامعة تشرين - كلية ألهمك / 2000/

27- مبادئ الأتمتة الصناعية - د. محمود بني المرجة - الدار العربية للعلوم- لبنان- بيروت / 1994/.

28- مجلة الصلب العربي- مجلة شهرية- يصدرها الاتحاد العربي للحديد والصلب- سوريا/ 2001 /2002/.

29- شركة الشرق للقضبان الحديدية- درفلة وسحب قضبان حديدية على الحامي- حلب -سوريا.