قص الزجاج آلياً بواسطة الحاسب الشخصي

حسني عبد الغني المحتسب وعمر محمد دوغان

جامعة الملك فهد للبترول والمعادن - الظهران، المملكة العربية السعودية

المستخلص: يعرض هذا البحث وصفا عاما لنظام كامل تم تجربته واستخدامه لقص الزجاج آليا. ويستخدم النظام لتخزين طلبات العملاء من ألواح الزجاج المربعة والمستطيلة، حيث يتم تخزين أبعاد الألواح المطلوبة وأنواعها وسمكها وعدد الكمية المطلوبة من كل لوح. كما يتم تخزين معلومات خاصة بالعملاء مرتبطة بطلباتهم المحددة. وباستخدام أوامر محددة يقوم النظام بتحديد كيفية قطع الألواح المطلوبة من الألواح الرئيسية (المخزون المعد سابقا) بحيث يحاول أن يقلل كمية الخسارة من الزجاج الزائد، آخذا بعين الاعتبار عدة عوامل منها: تاريخ التسليم وأولوية القص والكمية القصوى التي يمكن أن يقصها في اليوم الواحد. ويتم توزيع قطع الزجاج المطلوبة على الألواح الأساسية باستخدام طريقة معدلة من طريقة "Greedy Method".

١- مقدمة

يعتبر التحكم الآلي في آلات الإنتاج من أنجح الوسائل لتقليل التكاليف والأخطاء المحتملة في العملية الإنتاجية إضافة إلى تسريعها. يقدم هذا البحث عرضا لنظام تم تصميمه وبناؤه على الحاسب الشخصي في مصانع البيطار للزجاج في مدينة الدمام وذلك للتحكم في قص ألواح الزجاج المربعة والمستطيلة آلياً بعد إجراء الحسابات اللازمة لتقليل كمية الزجاج الضائع. والجدير بالذكر أن تكلفة إعداد هذا النظام كانت أقل بسبع مرات مما سعرته شركات دولية من النمسا وغيرها لإنجاز نفس العمل.

٢- آلة قص الزجاج

تتكون آلة قص الزجاج من طاولة خاصة بعرض يزيد عن ٣ متر مقسمة إلى ثلاثة أجزاء، يزيد طول كل جزء منها عن ٥ متر. ويستعمل الجزء الأول لتحضير وجلب لوح الزجاج آليا من الصندوق الرئيسي بواسطة أذرع آلية مرتبطة بجهاز تحكم قابل للبرمجة (PLC) مرتبط بالحاسب الشخصي، بينما يستعمل الجزء الأوسط لقص الزجاج آليا عن طريق الحاسب الشخصي بعد حساب وتحديد كيفية القص. ويشمل هذا القسم ٣ محركات رئيسية قدرة الواحد منها ١٠٠٠ وات ومحرك رابع صغير لحمل شفرة القص ورفعها وخفضها وتغيير اتجاهها. وتتصل هذه المحركات بالحاسب الشخصي عن طريق آلة تحكم مؤازر(Servo Driver). أما الجزء الثالث فينقل إليه لوح الزجاج المقصوص بعد انتهاء عملية القص الآلية بواسطة جهاز التحكم المركزي ليتم عليه فصل الزجاج المقصوص.

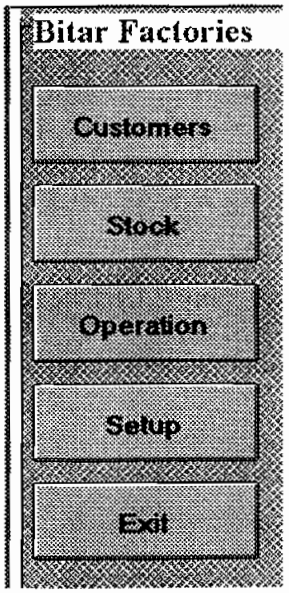
٣- الحاسب الشخصي The Personal Computer

تم استخدام حاسب آلي بمعالج ٤٨٦ وذاكرة رئيسية مقدارها ٨ مليون رمز- ويعمل الحاسب تحت الإصدار الخامس من نظام التشغيل أم. أس. دوس (MSDOS 5.0) و مايكروسوفت ويندوز إصدار ٣,١ مع دعم اللغة العربية (MICROSOFT WINDOWS 3.1).

٤- المعدات وبطاقات التحكم Hardware & Control Cards

إضافة إلى الحاسب الشخصي فقد تم إضافة واستخدام الأدوات والأجهزة التالية:

- ثلاثة أجهزة تحكم للمحركات ذات التيار المتواصل بقدرة ٣٢ أمبير للمحرك الواحد.
- بطاقتي تحكم إضافيتين داخل الحاسب الشخصي لعمليات الإدخال والإخراج وعمليات العد [١].
- ثلاثة أجهزة لقراءة دورات المحركات (encoders) لإعطاء نبضات لحساب عدد دورات كل محرك.



شكل ١: الشاشة الرئيسية

٤-١ بطاقات التحكم

تختص أحدى بطاقتي التحكم بالإدخال والإخراج الرقمي (Digital Input/Output)، وتربط هذه البطاقة الحاسب الشخصي بوحدة التحكم (PLC). وتحوي هذه البطاقة على عدادين منفصلين يعد كل عداد منهما من صفر حتى ٦٥٥٣٦ عدة، ويستخدم العدادان في حساب مسافة السير الأفقي والعمودي للمحركات حيث تمثل كل ١٤ عدة ما يقارب من ١ملم تقريبا.

وأما البطاقة الأخرى فتستخدم للتحكم بسرعة المحركات وتشمل هذه البطاقة ٨ قنوات (channel) يستخدم ثلاثة منها لتحديد سرعة المحركات عن طريق زيادة أو تقليل فرق الجهد المخرج على هذه القنوات (من صفر إلى ١٠ فولت). وتحوي هذه البطاقة على مخارج ومداخل رقمية إضافية تركت مع القنوات الخمسة المتبقية لتستخدم عند الحاجة.

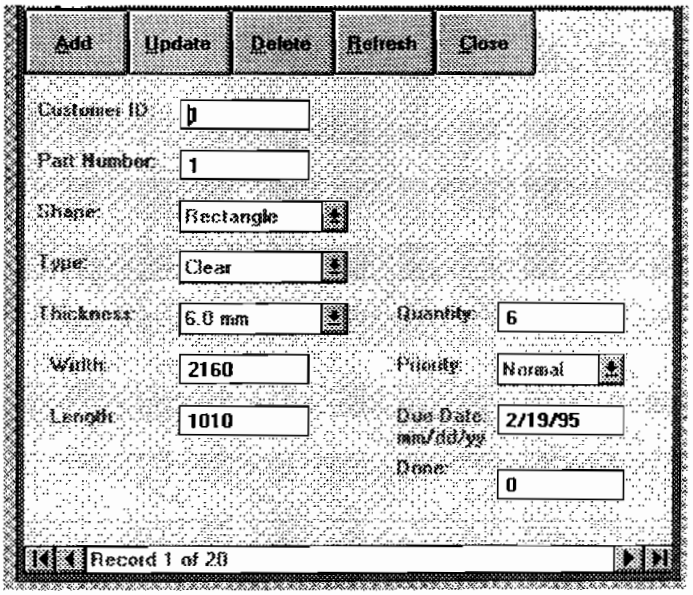
٥- البرامج Software

يتكون النظام من شاشة رئيسية (شكل ١) تمكن المستخدم من عدة خيارات هي: الزبائن والطلبات (Customers & Orders)، والمخزون (Stock)، والعمليات (Operation)، والإعداد (Setup)، والانتهاء (Exit)- وفيما يلي وصف موجز لكل خيار من هذه الخيارات.

٥-١ الزبائن والطلبات Customers & Orders

يقوم المستخدم بواسطة هذا الخيار بإدخال الزبائن الجدد والطلبات في قاعدة البيانات (شكل ٢ يبين طريقة إدخال الطلبات)، وتشمل المدخلات رقم الطلب ونوع الزجاج وشكله وطول وعرض كل لوح مع الكمية المطلوبة من اللوح الواحد، كما تحتوي المدخلات على موعد التسليم والأولوية المعطاة للطلب- وتستخدم هذه المعلومات عند إعداد الطلبات للقص من

خلال خيار العمليات. ويعطي النظام قيماً مفترضة عند إدخال الطلبات الجديدة لشكل اللوح (مستطيل) ونوع الزجاج وسمكه، ويمكن تغيير هذه القيم عن طريق قوائم منسدلة.



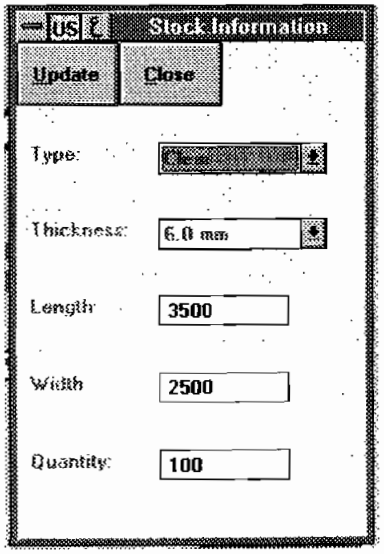
شكل ٢: ادخال الطلبات

٥-٢ المخزون Stock

يوفر هذا الخيار (شكل ٣) إمكانية تعديل وإدخال نوع الزجاج المتوفر للقص والمعد لاستخدام الآلة وطول وعرض الألواح وكميتها- وتستخدم هذه المعلومات عند إعداد الطلبات للقص. ويتم اختيار نوع الزجاج وسمكه عن طريق قوائم منسدلة توفر مختلف أنواع الزجاج المستخدم والسمك المطلوب، أما أبعاد الألواح فيدخلها المشغل كما يريد وذلك لزيادة مرونة النظام بحيث يوفر إمكانية توزيع الطلبات على ألواح ذات أبعاد غير قياسية.

٥-٣ العمليات Operation

يعتبر هذا الخيار جوهر النظام إذ أنه يشمل ما يزيد على سبعين وحدة برمجية (subprogram). وتحت هذا الخيار يمكن اختيار واحد من الخيارين التالين إضافة إلى خيار الخروج (close) وهما: التحضير (Prepare) والمعايرة (Calibrate).



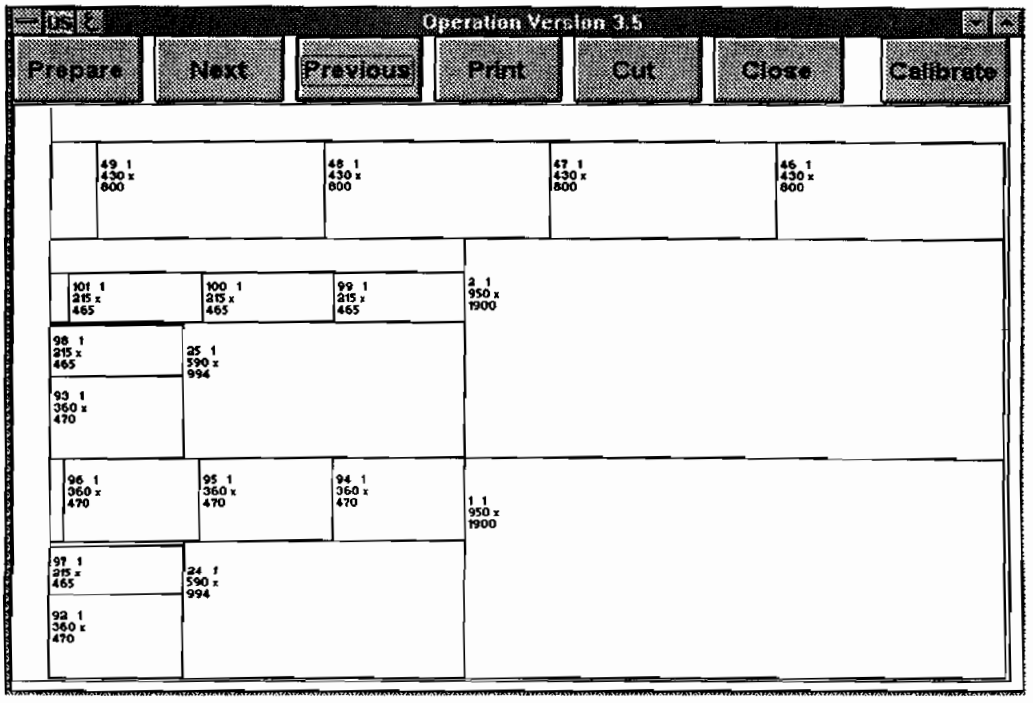
شكل ٣: المخزون

٥-٣-١ التحضير Prepare يقوم هذا الخيار بترتيب الطلبات في قاعدة البيانات حسب تاريخ التسليم والأولوية وحجم القطع، ثم يقوم بتقدير عدد القطع التي يمكن قطعها في اليوم الواحد حسب معطيات سابقة بالمساحة التي يمكن قطعها في اليوم الواحد، ثم يقوم بإعادة ترتيب القطع التي يمكن قطعها في اليوم الواحد حسب مساحتها الأكبر فالأصغر- ويبدأ بتوزيع الطلبات على الألواح باستخدام طريقة معدلة من طريقة "Greedy Method" [٢] آخذاً بالاعتبار مجموعة من القواعد المستخدمة في قص الزجاج ومنها أن القص إذا بدأ من أحد الطرفين فلا بد أن ينتهي في الطرف الآخر وهذا ما يعرف بقطع المقصلة "Guillotine cuts" [٣]. ويمكن تلخيص خوارزمية توزيع القطع كما يلي:

- بعد ترتيب القطع كما سبق تحدد اكبر مساحة يمكن استيعابها.

- تبدأ محاولة إيجاد مكان للقطعة الأولى.
- أن كانت المساحة المتوفرة تستوعب القطعة الأولى نضعها برقمها في اللوح الحالي ونقوم بتعديل قائمة المساحات المتوفرة باللوح الحالي.
- عند تحديد موضع قطعة بمساحة معينة يتم اختيار اصغر مساحة متوفرة يمكن أن تستوعب القطعة.
- بعد وضع القطعة في مكانها يتم تقليل حجم المساحة المتوفرة وإضافة حجم آخر إلى قائمة الأحجام المتوفرة.
- عندما لا يتوفر حجم مناسب للقطعة في اللوح الحالي يتم تأخير وضع القطعة إلى اللوح التالي.
- تتكرر العملية السابقة حتى يتم إيجاد مواضع لكل الطلبات أو حتى يتم تجاوز الحد الأعلى لعدد الألواح الرئيسية التي يمكن قطعها.
- بعد عملية التوزيع تقوم أحد البرامج الفرعية بتخزين أطوال الخطوط الأفقية والعمودية المراد قطعها بعد استبعاد المتكرر منها كي لا تتم عملية قص الخط الواحد أكثر من مرة ، ويتم تخزين هذه الخطوط في قوائم مرتبة حسب قربها من نقطة الأصل كي نقلل مسافة تحرك المحركات دون قص. وبعد انتهاء عملية التوزيع يظهر اللوح الأول مرسوماً على الشاشة (شكل ٤) مع القطع التي يستوعبها بأبعادها وأرقام أصحابها كما تظهر مجموعة أزرار تمكن المستخدم من رؤية توزيع القطع على اللوح التالي (أو السابق) كما يعطى المستخدم إمكانية طباعة القطع المرسومة على الطابعة مع طباعة أبعادها ومالكها كذلك.

والجدير بالذكر أن مسألة توزيع قطع مختلفة الأبعاد على ألواح رئيسية لقطعها بحيث تكون مساحة القطع الزائدة أقل ما يمكن هي مسألة مستعصية على الباحثين [٣-٧] حتى الآن وتعرف هذه المسألة بـ -"Cutting Stock Problem" .



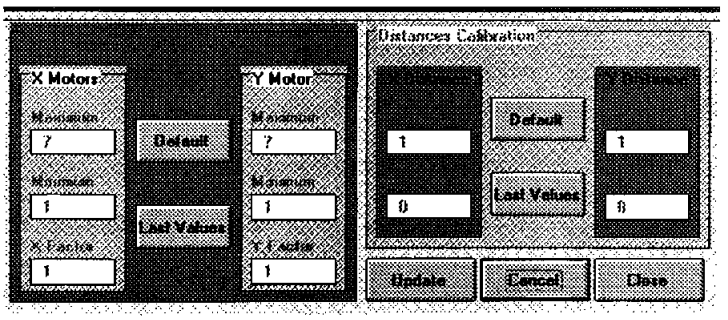
شكل ٤: توزيع قطع الزجاج على اللوح الرئيسي

وعندما يختار المشغل أمر القص (cut) يرسل النظام أمراً الى المحركات عن طريق لوحات التحكم بالعودة الى نقطة الأصل وذلك بعد التأكد من أن الآلة جاهزة ولوح الزجاج في مكانه الصحيح عن طرق فحص الإشارات الرقمية القادمة من وحدة التحكم (PLC). ثم تبدأ عملية قطع الخطوط الأفقية ثم العمودية وبعد قطع كل خط يتم تغيير لون الخط على الشاشة حتى يظهر مكان القطع الحالي- وبعد انتهاء عملية القطع يعدل النظام معلوماته عن القطع التي تم إعدادها كي لا تدخل في عمليات الإعداد والقطع اللاحقتين ويرسل أمراً بتحريك اللوح المقطوع آلياً إلى طاولة الفصل حيث يقوم عمال بفصل القطع يدوياً والتحقق من القياسات. وينتظر النظام اشارة الاستعداد والقطع ليبدأ بقطع لوح جديد. ومما يجدر ذكره أن مشغل الجهاز يمكن أن يوقف كل المحركات عند الطوارئ بسحب أي طرف من أطراف حبل ممتد حول محيط طاولة القطع.

٥-٣-٢ المعايرة Calibrate تم إعداد هذا الخيار لعمليات التجريب والمعايرة والقياسات التي سبقت عمليات تشغيل النظام آلياً، وقد تم إبقاء هذا الخيار تحسباً لعمليات التعديل والتطوير المستقبلية. ويمكن بواسطة هذا الخيار تحريك المحركات حركة حرة أو حركة قطع لأي مسافة مرغوبة بين ١ملم و ٤٥٠٠ملم، كما يمكن اعادة المحركات الى نقطة الأصل، وفي كلتا الحالتين يقوم النظام باظهار تغير العدّادات أثناء تحرك المحركات.

٥-٤ الاعداد Setup

يمكّن هذا الخيار (شكل ٥) الأخصائيين من تغيير سرعة المحركات بزيادتها أو تقليلها وذلك بتغيير أقل سرعة ممكنة (تعديل فرق الجهد) وتغيير أعلى سرعة ممكنة وتعديل معاملات المحركات، كما يمكّن هذا الخيار من اعادة وزن المسافات التي تقطعها المحركات سواءً بزيادة أو نقص ثابتين (offset) أو بالزيادة او النقص التناسبي وذلك بالضرب بمعامل (factor). وكل ذلك من أجل الدقة في ضبط مقدار القص بخطأ أقل من ١ ملم، إذ أنه لا يمكن قبول خطأ يتجاوز ١ ملم.



شكل ٥ : إعداد المحركات

٥-٥ الانتهاء Exit

يقوم المستخدم بانهاء عمله عن طريق هذا الخيار، حيث يتم إرسال إشارات للمحركات وبطاقات التحكم بالتوقف ولزوم السكون.

٦- بناء النظام System Implementation

تم بناء النظام باستخدام لغة فيجوال بيسك اصدار ٣,٠ من انتاج شركة مايكروسوفت (MICROSOFT VISUAL BASIC 3.0)، ويبلغ حجم النظام التنفيذي حالياً حوالي ١٠٠ ألف رمز دون اعتبار آلية قاعدة المعلومات وبرامج وحدات بطاقات التحكم المرفقة مع البطاقات. بينما يزيد حجم نص البرامج على ٦٠ صفحة يغطي أكثر من نصفها

خوارزمية توزيع طلبات الزجاج على اللوحات الرئيسية وتحضيرها للقص (العمليات). ولإعطاء فكرة عن طريقة البرمجة المتبعة نرفق في الملحق (أ) أحد البرامج الفرعية المستخدمة لتوزيع الطلبات على الألواح الأساسية إذ يظهر استخدام اسلوب التوثيق الذاتي عند كتابة البرامج بوضوح حيث نلاحظ اختيار أسماء المتغيرات بما يتوافق مع هدف استخدامها. وقد لوحظ أن استخدام مثل هذه الطريقة سهل على المبرمجين فحص النظام وتجربته وتعديله.

٧- الخلاصة

تم في هذا البحث تقديم نظام لقص الزجاج بواسطة الحاسب الآلي الشخصي. وقد تم تجربة النظام وتشغيله بمصانع البيطار للزجاج في الدمام. ويهدف هذا النظام الى تقليل نسبة الزجاج الزائد أثناء القص، إضافة إلى السعي إلى تقليل اليد العاملة البشرية لتخفيف نسبة الخطأ وتقليل التكلفة. وقد تم خلال هذا البحث استخدام طريقة معدلة من طريقة "Greedy Method". ويجري حاليا دراسة إمكانية تطوير النظام لكي يتمكن من قص أشكال أخرى كالمثلثات والدوائر والمنحنيات.

الشكر

يشكر الباحثان إدارة مصانع البيطار وأصحابها خاصة السيد كمال البيطار والسيد جلال البيطار على حسن تعاونهما وثقتهما ودعمهما للباحثين، كما يشكر الباحثان جامعة الملك فهد للبترول والمعادن على دعمها المتواصل للبحوث.

المراجع

[1] "NI-DAQ Function Reference Manual for Dos, Windows and LabWindows ", National Instruments, May 1993.

[2] E. Horowitz & S. Sahni, "Fundamentals Computer Algorithms", Computer Science Press, Inc. USA, 1978.

[3] N. Christofides & C. Whitlock, "An Algorithm for Two-Dimensional Cutting Problems", Operation Research, Vol. 25, No. 1 January-February 1977, 30-44.

[4] R. Dyson & A. Gregory, "The Cutting Stock Problem in the Flat Glass Industry", Operational Research Quarterly, Vol 25, No 1, 1974, 41-53.

[5] M. Adamowicz & A. Albano, "A Solution of the Rectangular Cutting-Stock Problem", IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC.6, No 4, April 1976, 302-310.

[6] M. Chambers & R. Dyson, "The Cutting Stock Problem in the Flat Glass Industry - Selection of Stock Sizes", Operational Research Quarterly, Vol 27, No 4, 1976, 949-957.

[7] F. Chauny, R. Loulou, S. Sadones and F. Soumis, "A Two-phase Heuristic for the Two-dimensional Cutting-Stock Problem", J. Operational Research, Vol 42, No 1, 1991, 39-47.

[8] F. H. Yanasse, A. Zinober and R. Harris, "A Two-Dimensional Cutting-Stock Problem with Multiple Stock Sizes", J. Operational Research, Vol 42, No 8, 1991, 673-683.

ملحق (أ)

: أحد البرامج الفرعية لتوزيع الطلبات على الألواح الأساسية (NewPlacePlateAlgorithm)

```
Sub NewPlacePlateAlgorithm (PlateNum As
Integer, StockNum As Integer, IndexAvail As
Integer, PositionedPlates As Integer)
 Dim PlateWidth As Long
 Dim PlateHeight As Long
 Dim AvailHeight As Long
 Dim AvailWidth As Long
 Dim ii As Integer
 Dim Nothng As Integer, Near As Integer, Onn As
Integer
 Dim SideWidth As Long, SideHeight As Long
  Nothng = 0
  Near = 1
  Onn = 2
 PlateWidth = PlatesDim(PlateNum, 2)
 PlateHeight = PlatesDim(PlateNum, 1)
 If (Plates(PlateNum, 5) <> 1) Then
  If (IndexAvail = 1 And AvailPlace(IndexAvail, 1)
= 0 And AvailPlace(IndexAvail, 2) = Nothng) Then
   SideWidth = AvailArea(IndexAvail, 1)
   SideHeight = AvailArea(IndexAvail, 2)
   AvailArea(IndexAvail, 2) = SideHeight -
PlateHeight
   AvailPlace(IndexAvail, 1) = PlateNum
   AvailPlace(IndexAvail, 2) = Onn
   Others Are not changing here
   IndexAvail = IndexAvail + 1
   AvailArea(IndexAvail, 1) = SideWidth -
PlateWidth
   AvailArea(IndexAvail, 2) = PlateHeight
   AvailPlace(IndexAvail, 1) = PlateNum
   AvailPlace(IndexAvail, 2) = Near
   Call AssignPlateValues(PlateNum, StockNum,
PositionedPlates)
   StockPlates(StockNum) = PlateNum
'  Plates(AvailPlace(IndexAvail, 1), 2) = PlateNum
  Else 'not the first plate
   ii = FindSuitablAvailIndex(IndexAvail,
PlateNum)
   If (ii > 0) Then 'Suitable Index Found
    SideWidth = AvailArea(ii, 1)
    SideHeight = AvailArea(ii, 2)
    Call AssignPlateValues(PlateNum, StockNum,
PositionedPlates)
    If (AvailPlace(ii, 2) = Near) Then
     Plates(AvailPlace(ii, 1), 2) = PlateNum
    End If
    If (AvailPlace(ii, 2) = Onn) Then
     Plates(AvailPlace(ii, 1), 3) = PlateNum
    End If
    If (SideHeight <> PlateHeight) Then
     AvailArea(ii, 2) = SideHeight - PlateHeight
     AvailPlace(ii, 1) = PlateNum
     AvailPlace(ii, 2) = Onn
     IndexAvail = IndexAvail + 1
     AvailArea(IndexAvail, 1) = SideWidth -
PlateWidth
     AvailArea(IndexAvail, 2) = PlateHeight
     AvailPlace(IndexAvail, 1) = PlateNum
     AvailPlace(IndexAvail, 2) = Near
    Else
     AvailArea(ii, 1) = SideWidth - PlateWidth
     AvailArea(ii, 2) = PlateHeight
     AvailPlace(ii, 1) = PlateNum
     AvailPlace(ii, 2) = Near
    End If
   End If
  End If
 End If '(Plates(PlateNum, 5)
End Sub
```