أسس اختيار التفاعلات الكيمياوية وتكنلوجيا نقلها إلى المستوى الصناعي:-

أسس اختيار التفاعل الكيمياوي:

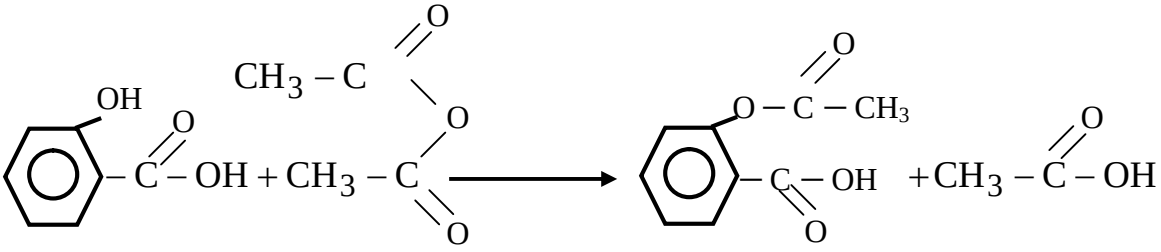
عند مراجعة المصادر العلمية وكتب الكيمياء يتضح انه بالإمكان إيجاد طرق عديدة لتحضير معظم المواد الكيمياوية، وتتباين هذه الطرق استناداً إلى اختلاف المواد الأولية أو اختلاف المذيبات المستعملة في تحضيرها، وقد يكون الاختلاف في الظروف المطلوبة وهل هي محفزة أم بدون تحفيز، وهل انه إجراءها يتم حرارياً أم ضوئياً، أو كهربائياً أو إشعاعياً. إن المهم عند اختيار تفاعل ما من مجموعة من التفاعلات التي تؤدي إلى الحصول على المادة نفسها من وجهة النظر التطبيقية هو الجانب الاقتصادي أولاً وأخيراً والذي يتضمن سهولة إجراء التفاعل وسهولة السيطرة عليه وعدم تسببيه لمخاطر للعاملين أو البيئة.

نجد أحياناً إن هناك العديد من التفاعلات المختبرية الاعتيادية إنها تطبق بالأسلوب نفسه وبالظروف نفسها تقريباً عند نقلها إلى المستوى الصناعي، بسبب حصيلتها العالية وسهولة فصل النواتج بنقاوة عالية، وكذلك بسبب ظروف إجراءها السهلة نسبياً. ومن الأمثلة على هذا النوع من التفاعلات:-

١. اختزال مادة النتروبنزين وتحويلها إلى مادة الاثيلين، حيث تجري العملية في ظروف حرارية متوسطة وباستعمال معدن النحاس كحفاز.

$$C_6H_5NO_2 + 3\,H_2 \xrightarrow[Cu]{350\,C^\circ} C_6H_5NH_2 + 2\,H_2O$$

٢. إنتاج إحدى أهم مواد العصر الطبية (الأسبرين) من التفاعل المباشر بين مادة انهيدريد الخليك واورثوهيدروكسي حامض البنزويك، حيث تنتج مادة الأسبرين والتي يمكن فصلها بسهولة من المادة العرضية (المهمة بحد ذاتها) وهي حامض الخليك.



حامض الخليك **الأسبرين**

٣. إنتاج معدن المغنسيوم من التحلل الكهربائي لكلوريد المغنسيوم.

$$Mgcl_2 \xrightarrow[\text{كهربائي}]{\text{تحلل}} Mg + cl_2$$

ويفصل غاز الكلور بسهولة وتتم الاستفادة منه.

٤. تحضير النوره الحية – مادة اللايم CaO– من التفكك الحراري لمادة اللايمتون ($CaCO_3$).

$$CaCO_3 \xrightarrow{\Delta} CaO + CO_2$$

إن لمادة اللايم CaO استعمالات صناعية عديدة، فهي إحدى المكونات الرئيسية في خلطة السمنت، كما إن محلولها المائي يستعمل كثيراً في الصناعة لمعادلة الحوامض.

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$$

نظراً لكونها مادة قاعدية قوية، ومن الاستعمالات الأخرى المهمة لهذه القاعدة هي في إزالة العسرة من المياه بالطرق الترسيبية.

يلاحظ في التفاعلين (٣) و (٤) إن المادة المطلوبة عندما تكون ممزوجة مع مادة عرضية غازية، فان فصلها يتم بسهولة وهذا يزيد في تقبل الطريقة ومنافستها لغيرها من طرق التحضير الأخرى.

إن التفاعلات الصناعية لا يتم اختيارها اعتباطاً بل حسب الأسس التي تمليها الاعتبارات الاقتصادية والتكنلوجية والبيئية المتعلقة بالغازات الناتجة والفضلات الصلبة أو تلويث المياه أو التأثير على العاملين في المصنع (مثلا التلويث الضوضائي).

يتم اختيار التفاعل الأمثل بعد التمحيص الدقيق لتوفر المواد الأولية وتكاليفها مقارنة بالنتائج وبعد الأخذ بنظر الاعتبار الأمور المتعلقة بتكنلوجيا تصميم المفاعلات المناسبة والظروف الملائمة والأجهزة المتوفرة لإجراء التفاعل، ومن الأمور المهمة التي تؤخذ بنظر الاعتبار في النقل الصناعي للتفاعلات الكيمياوية ما يأتي:-

١. اختيار ابسط التفاعلات التي تحقق النتائج بصورة مباشرة.
٢. دراسة دقيقة للظروف الحرارية والضغط والحفازات الملائمة لإجراء التفاعل.
٣. اختيار المذيبات الملائمة وبأقل كمية مناسبة.

٤. الابتعاد عن الطرق ذات التمويل الواطئ (بقاء نسبة عالية من المواد الأولية المتفاعلة مع الناتج).
٥. إذا كان لا بد من اختيار تفاعلات ذات نسبة تحويل واطئة، فلا بد من استعمال أسلوب تدوير المواد الأولية غير المتفاعلة (Recycling) بعد فصلها من الناتج.
٦. اختيار الطرق الأقل تلويثاً للبيئة (الهواء – الماء – التربة) سواء كان التلوث داخل المعمل أم خارجه.

تكنلوجيا النقل الصناعي:-

تعرف التكنلوجيا الصناعية الكيمياوية؛ بأنها طرق تحويل المواد الخام الأولية سواء كانت طبيعية أم نصف مصنعة وبمساعدة مواد أخرى أو حفازات (مواد أو عوامل مساعدة) إلى منتجات صناعية وحسب الطلب وطبيعة ومتطلبات النقل الصناعي للتفاعلات الكيمياوية من مستوى إجراءها في المختبرات إلى مستوى إنتاجها صناعياً.

تتطلب عمليات تحويل المواد الأولية والمواد المساعدة إلى منتجات صناعية نهائية الخطوات العامة الآتية:-

١. نقل مكونات التفاعل من مواد أولية ومواد مساعدة ومذيبات من مصادر الحصول عليها إلى موقع العمل (المعمل) وتهيئة أماكن لخزن البعض منها خاصة المواد الوقودية اللازمة لتوليد الطاقة.
٢. مرحلة إجراء التفاعل وما تتطلبه من معدات السيطرة وإحكام ظروف التفاعل وتكامل الوحدات مع بعضها بشان تدوير المواد وأساليب ترشيد الاستهلاك لمصادر الطاقة والسيطرة على مصادر تلوث البيئة إن وجدت.
٣. إزالة نواتج التفاعل من المفاعلات وفصل الناتج النهائي الرئيسي وتنقيته وكذلك استعادة المواد غير المتفاعلة والمذيبات وفصل المواد العرضية المفيدة إن وجدت.

يتطلب التحويل الصناعي للتفاعلات الكيمياوية نظاماً كاملاً من العمليات الكيمياوية

والفيزياوية والميكانيكية المترابطة والمتكاملة مع بعضها بدقة ومن الأمثلة على هذه العمليات في التطبيق الصناعي والأجهزة والمعدات الخاصة بها هي:-

- **عمليات ومعدات كيمياوية**:- وتشمل مفاعلات لإجراء مختلف عمليات الأكسدة والاختزال والاتحاد الكيمياوي – حارقات لمختلف أنواع الوقود – معدات عمليات التهشيم (التكسير) الحراري والمحفز والمهدرج ... الخ.
- **عمليات ومعدات فيزياوية**:- وتشمل أجهزة الفصل وأبراج التقطير – أجهزة مزج المواد – أجهزة بلورة – أجهزة ترشيح – أجهزة تبادل حراري.
- **عمليات ومعدات ميكانيكية**:- وتشمل مضخات لدفع المواد – ضاغطات لزيادة الضغط – ناقلات حزاميه لنقل المواد.

لذا تعرف عمليات التصنيع بأنها طرق كيمياوية وفيزياوية وميكانيكية تجري على المواد الأولية والمواد المكملة في طريق إنتاج المادة المرغوبة، ويتم ربط هذه الوحدات بصورة متكاملة وكفوءه لتحقيق الهدف المطلوب بأقل الجهود الممكنة وبأقل التكاليف، وتعرف خريطة ربط عمليات التصنيع مع بعضها بالمخطط الصناعي أو منحنى السريان (Flow Diagram).

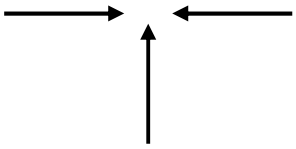
منحنى السريان (المخطط الصناعي) **Flow Diagram**:-

جاءت كلمة السريان من معنى تحرك (Flow) المواد الأولية والمساعدة في طريق إنتاجها للمواد المرغوبة وفي إنها تسري ابتداء من نقطة دخولها في دائرة الإنتاج ولحين مغادرتها من أخر نقطة كمادة منتجة. إن طريقة التعبير عن عملية الإنتاج بمختلف وحداتها بواسطة الرسم وبما يعرف بالمخطط الصناعي (Flow Diagram) أو منحنى السريان، يتم بطريقة متفق على رموزها عالمياً، ويجب إن يبين المخطط بوضوح اتجاه سير وتوازن المواد خلال العمليات الصناعية ويعطي المخطط معلومات أساسية مثل:-

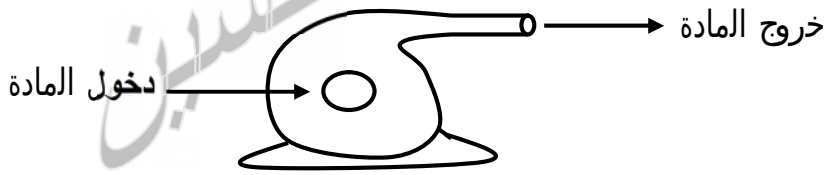
١. المواد الأولية ونقاط دخولها.
٢. الطاقة (الوقود) اللازمة ونقاط دخولها.
٣. العمليات المختلفة وطرق تكاملها مع بعضها وبضمنها عمليات تدوير المواد غير المتفاعلة والمذيبات.
٤. نقاط سحب الناتج.
٥. نقاط سحب المواد العرضية.

وقد جرى الاتفاق على تمثيل العمليات والوحدات المختلفة برسمها كما مبين في أدناه:-

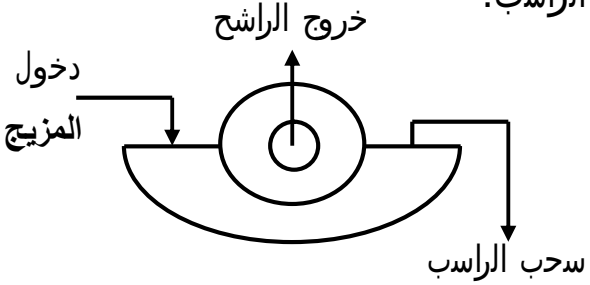
- اتجاه سير المواد المختلفة يؤشر بواسطة الأسهم (Arrows).



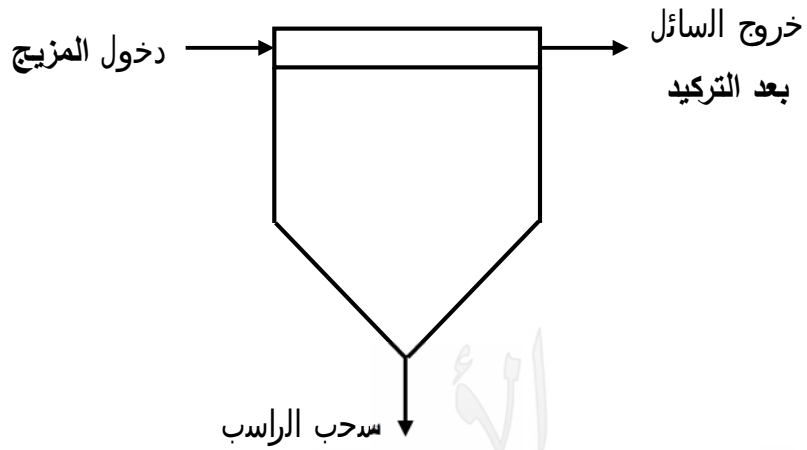
- المضخات (Pumps):- تمثل بالشكل الأتي مع ملاحظة دخول وخروج المادة كما مبين بالأسهم المؤشرة.



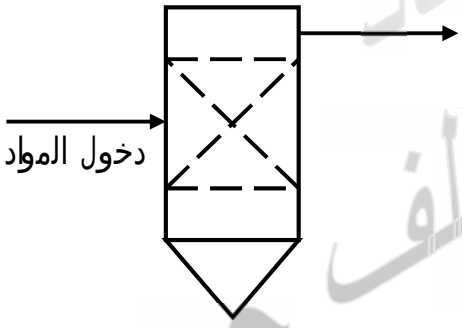
- المرشحات Filters:- ترسم بالشكل المبين أدناه مع مراعاة اتجاه ومواضع الأسهم التي تبين دخول المزيج وخروج الراشح وسحب الراسب.



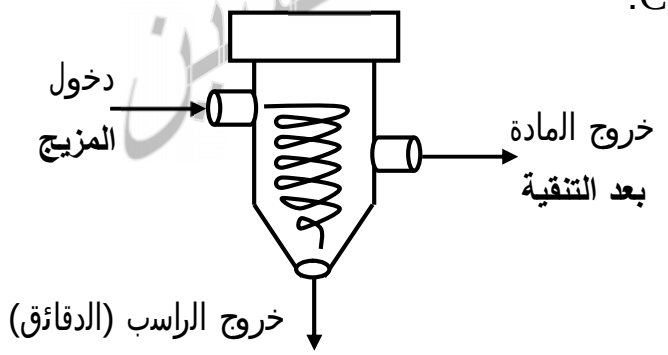
- المركدات (المرسبات) Clarifiers:- تراعى اتجاهات الأسهم التي تبين سير المواد.



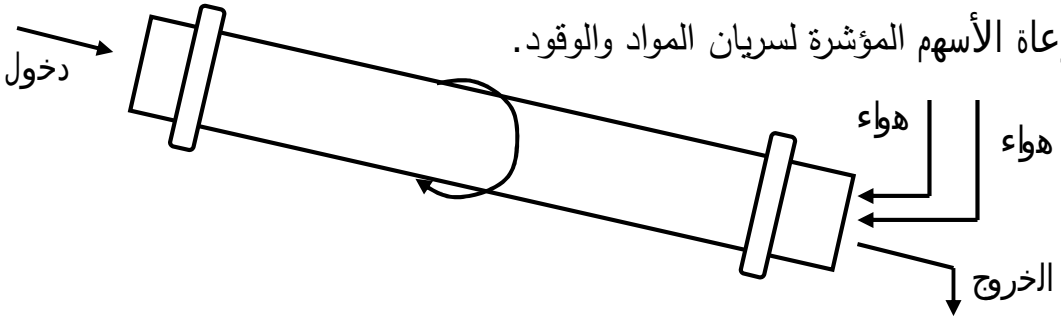
- المفاعلات Reactors:- ترسم بشكل مستطيلات مؤشرة ومتقطعة مع أسهم تبين دخول وخروج المادة (سريان المادة).



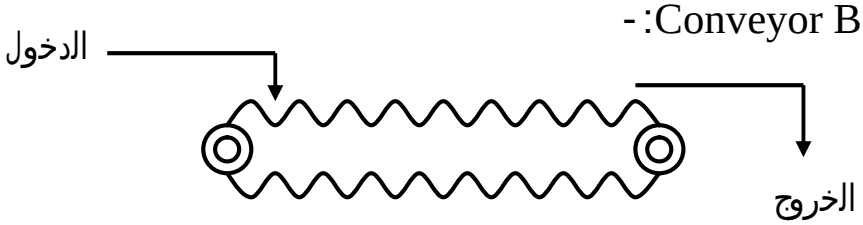
- فاصلات بالطرد عن المركز Cyclones:-



- فرن دوار – خلاطه – فرن صهر Kiln, Mixer, Melter : ترسم كاسطوانة مائلة مع مراعاة الأسهم المؤشرة لسريان المواد والوقود.



- حزام ناقل Conveyor Belt:-



بعد إن تعرفنا على الطرق المتفق عليها بشان تمثيل الوحدات بالرسم، أيضاً هناك أساليب متفق عليها أيضاً بشان تمثيل مجمل العملية الصناعية بالرسم وهناك طريقتان أساسيتان هما:-

١. **الطريقة المفصلة:-**

تعطى في هذه الطريقة رسومات تشبه أشكال الوحدات الحقيقية في التطبيق الصناعي وقد تؤخذ حجوم الوحدات بنظر الاعتبار لغرض إعطاء تصور جيد للمعمل وقد يحوي المخطط الصناعي على معلومات مفصلة عن مقادير المواد الداخلة والخارجة من الوحدات الصناعية، لإعطاء صورة عن توازن المواد، كما يمكن إعطاء معلومات عن صرفيات وتوازن الطاقة على نفس المخطط، ولا يتطلب الرسم بهذه الطريقة تأشير العمليات الجارية في الوحدات المختلفة لان رسمها يدل عليها.

٢. **طريقة المستطيلات (البلوكات) Block Diagram:-**

في هذه الطريقة لا تعطى تفاصيل كثيرة ما عدا ذكر العمليات الأساسية التي تعطى داخل مستطيل خاص بها وترتبط المستطيلات مع بعضها باسهم تبين اتجاه سير المواد المختلفة ونقاط دخولها لحين إنتاج المادة المرغوبة. من الضروري في هذه الطريقة تأشير العملية الجارية داخل المستطيل (البلوك) لان الرسم لا يدل عليها.

يتعامل المهندس (أو المهندس الكيمياوي) مع منحنيات سريان من النوع المفصل بينما يكتفي الكيمياوي أو يفضل التعامل مع منحنيات سريان مختصرة لكنها دالة مثل طريقة

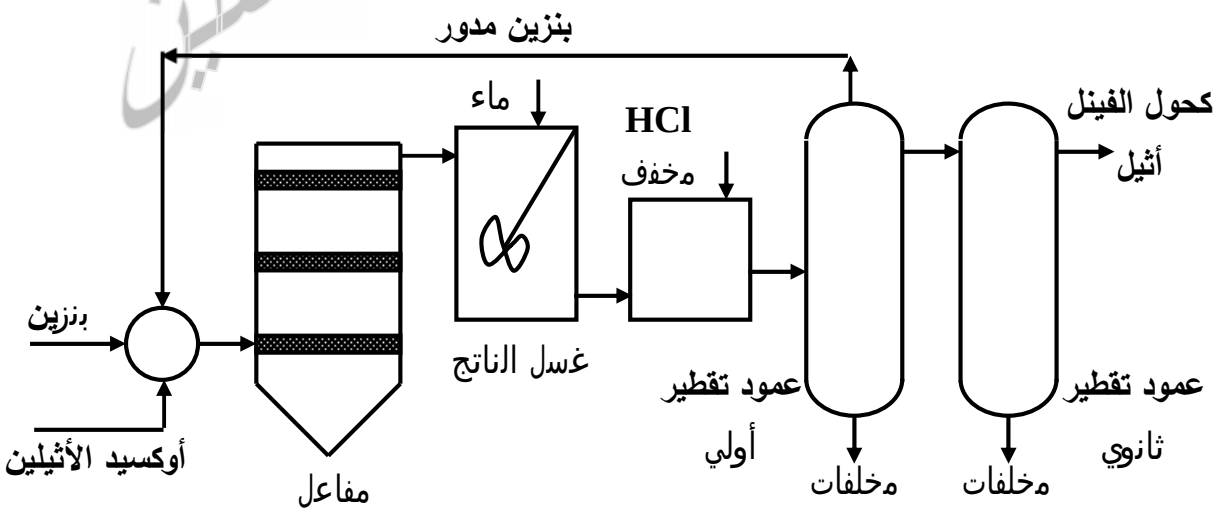
المستطيلات. ولغرض توضيح طريقتي رسم منحنيات سريان المادة في الصناعة الكيمياوية، سنبين أدناه مثال حقيقي مرسوم بكلا الطريقتين.

مثال:- يتم تحضير كحول الفينل اثيل بواسطة تفاعل البنزين مع اوكسيد الاثيلين في وسط حامضي وباستعمال كلوريد الألمنيوم كحفاز (عامل مساعد) Catalyst وكما في المعادلة الآتية:-

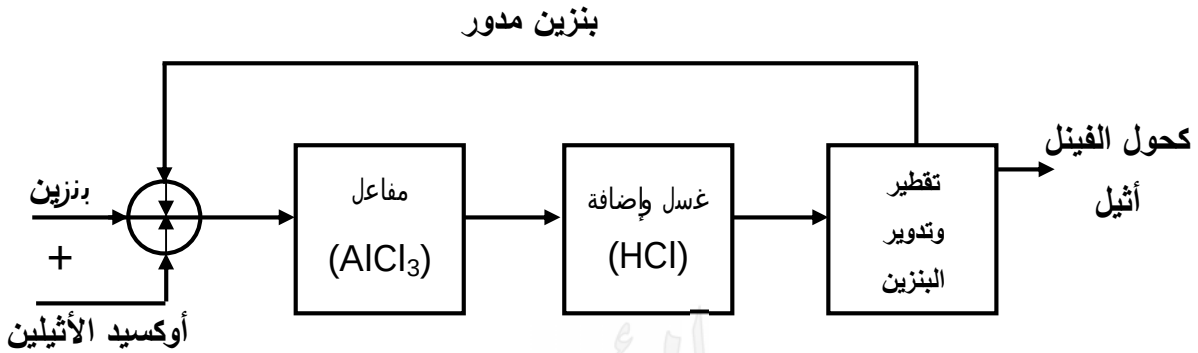
$$C_6H_6 + OCH=CH_2 + HCl \xrightarrow[\text{حفاز}]{AlCl_3} C_6H_6CH_2CH_2OH + C_6H_6$$

بنزين أوكسيد الأثيلين بنزين كحول الفينل أثيل بنزين غير متفاعل

وبما إن البنزين المتبقي من التفاعل مادة ذات قيمة اقتصادية بالإضافة إلى كونها مادة سامة تسبب التلوث، لذا تتطلب الحالة فصلها وتدويرها (Recycling). ونبين أدناه طريقة رسم منحني السريان لهذه الصناعة بالطريقتين المفصلة والمستطيلات:-



منحنى السريان بالطريقة المفصلة.



منحنى السريان بطريقة المستطيلات المختصرة (البلوكات).

الوحدة الصناعية المصغرة (الوحدة نصف الصناعية) أو الوحدة الرائدة Pilot Plant:-

الوحدة الصناعية المصغرة (الوحدة الرائدة):- تعد من دعائم إقامة أي مشروع صناعي، إذ لا يمكن الانتقال من المستوى المختبري في إجراء التجارب المختلفة إلى المستوى الصناعي مباشرة وتفادياً للمشاكل العديدة والتي قد تحدث إن تم الانتقال المباشر. لذلك تبنى وحدات صناعية مصغرة على مستوى معاملة أطنان قليلة (أو اقل من ذلك) في اليوم أو في الساعة وتجري عليها جميع الحسابات والتحديدات اللازمة لتوازن المواد والطاقة وتحوير تصميم المفاعلات والوحدات الأخرى والى غير ذلك من العوامل والظروف التي يتطلب تثبيتها قبل الانتقال إلى مستوى المعمل الإنتاجي. قد تستمر التجارب والتعديلات على هذه الوحدات أو الوحدة الصناعية الصغيرة أكثر من سنة لحين ضبط كافة العوامل والظروف المطلوبة وبعدها يتم التوجه أو التحول إلى بناء المعمل على المستوى الصناعي المكبر.

إن من أهم فوائد الوحدة الرائدة هذه، هو تشخيص الأخطاء والمشاكل المحتملة من تأكل المعدات، وكفاءة المفاعلات، وطرق السيطرة وغير ذلك على مستوى مصغر، وإصلاح الأخطاء والمعوقات الناتجة، وإلا حدثت هذه المشاكل على المستوى الصناعي المكبر وهنا تكون الخسارة أو المشكلة الاقتصادية الكبرى في توقف المعمل وما يتبع ذلك من عواقب مثل تصلب المواد داخل المفاعلات والأنابيب الناقلة والمبادلات الحرارية، كذلك ضياع وقت

ليس بالقليل في استبدال الوحدات المستهلكة. إضافة إلى كل ذلك هناك مخاطر لتسرب الغازات والسموم إلى أجواء المعمل والبيئة القريبة المجاورة. بينما يمكن تشخيص وتفادي هذه المشاكل على مستوى الوحدة الصناعية المصغرة وتكون المشاكل والخسائر الاقتصادية اقل.

ومن الفوائد المهمة الأخرى للوحدة الرائدة هو الاستمرار في تطوير المعمل بعد بناء المعمل المكبر. ونظراً للتطور المستمر في التكنلوجيا الصناعية الكيمياوية وإضافة التحسينات، فلا بد من التخطيط وإجراء البحوث التطويرية لتصميم الأجيال الجديدة للمعامل، ولهذه الوحدة المصغرة الدور الرائد في هذا المجال ومن هنا جاءت تسميتها بهذا الاسم.

عبد الحق خلف حسين الأستاذ