LUND UNIVERSITY

Plattreaktorn öppnar nya vägar för kemiindustrin

Haugwitz, Staffan

2005

Link to publication

Citation for published version (APA):
Haugwitz, S. (2005). Plattreaktorn öppnar nya vägar för kemiindustrin.

Total number of authors:
1

General rights
Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.
• Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
• You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
• You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

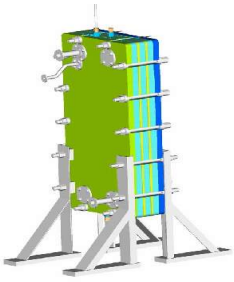
Read more about Creative commons licenses: https://creativecommons.org/licenses/

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Download date: 17. Dec. 2025



Populärvetenskaplig artikel
Staffan Haugwitz
staffan@control.lth.se

Plattreaktorn öppnar nya vägar för kemiindustrin

Värme är ofta ett problem vid tillverkning av kemikalier eller läkemedel. Nu utvecklas en ny typ av reaktorer, som har effektivare kylning, vilket minskar tillverkningskostnaderna.

Tillverkningen av finkemikalier eller läkemedel görs idag ofta i stora satsreaktorer, tankar där man satsvis blandar kemikalierna till färdig produkt, ungefär som när man bakar i hemmet. En del av reaktionerna är exoterma, de bildar värme när kemikalierna reagerar. Reaktorns prestanda är då ofta begränsad av hur snabbt värmen kan ledas bort. En helt ny typ av kemiska reaktorer är under utveckling vid Alfa Laval AB, ett ledande företag på värmeväxlare med huvudkontor i Lund. Den nya plattreaktorn är en kombination av en kontinuerlig kemisk reaktor och en värmeväxlare, och har därmed har en mycket högre kapacitet att kyla eller värma kemikalierna än dagens satsreaktorer. Plattreaktorn ger därmed möjlighet till att styra temperaturen och därmed reaktionen med mycket stor noggrannhet. Man kan då använda kemikalier med högre koncentration, vilket ökar reaktorns effektivitet och man kan producera mera för en mindre kostnad.

I plattreaktorn strömmar kemikalierna kontinuerligt genom reaktorn, jämfört med satsreaktorns upprepade cykler. Man kan jämföra de två principerna med ett kontinuerligt löpande band respektive bullbak, se faktaruta i slutet av artikeln.

Plattreaktorn – ett flexibelt verktyg

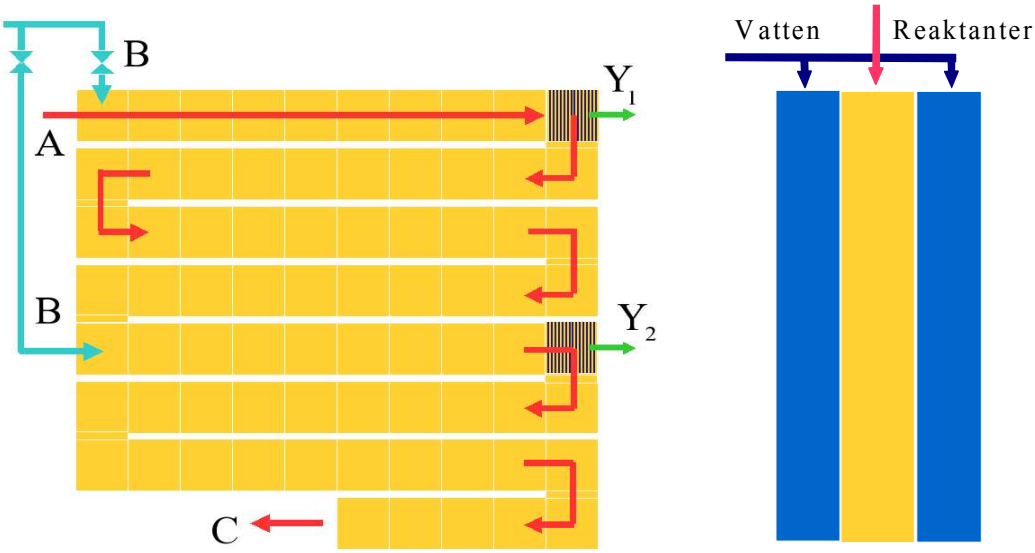
Anta vi har en reaktion som avger värme som biprodukt, en så kallad exoterm reaktion.

$$A + B \rightarrow C + D + värme$$

De två kemiska ämnena, A och B, reagerar och då bildas de nya ämnena C och D samt värme. För hög temperatur i reaktorn kan orsaka stor skada, vilket gör det viktigt att kunna kontrollera den noga. För att kunna kyla bort värmen och utnyttja hela reaktorns längd, injicerar man ämne B in i ämnet A på ett flertal ställen längs reaktorn, se figur 1. Ett antal termometrar, i bilden markerade med T1 och T2 rapporterar till styrsystemet om tillståndet inne i reaktorn, till exempel ifall det blir för varmt. Kanalerna, som kemikalierna flödar igenom, är noggrant utvecklade för att få så bra blandning och värmeöverföring som möjligt. Det är kanalernas utformning som är bakgrunden till framgången och skyddas därför av flera patent. Varje reaktordel omges av två kylplattor, där kylvattnet passerar, se figur 1.

En stor fördel med konceptet är ökad flexibilitet. Det kan liknas vid en stor legobyggsats, där man plockar ihop de delar som behövs för att enkelt justera plattreaktorn, så att den passar en specifik kemisk reaktion. Man kan ändra antalet plattor, kyleffekt, injektionspunkter och placering av temperaturgivare. Det går därför fort att komma igång med försöksexperiment och det tar mindre tid att

komma igång med serietillverkning. Inom framför allt läkemedelsindustrin är det viktigt att reducera denna tid, för att därmed kunna hinna producera så mycket som möjligt innan patenten löper ut.



Figur 1: Den vänstra bilden visar reaktionsdelen i plattreaktorn. Kemikalie A flödar in från vänstra övre hörnet, kemikalie B injiceras på ett flertal ställen längs reaktorn. Y1 och Y2 är temperaturgivare, som används för att övervaka reaktionen. Den högra bilden visar samma reaktionsdel sedd från sidan. Den omges av två kylplattor, där kylvatten passerar.

Högkoncentrerade lösningar sparar miljoner kronor

Idag tvingas man späda ut kemikalierna, för att kunna hantera den värme som bildas under reaktionen. För att kunna sälja en produkt av hög koncentration, måste man i slutändan få bort vattnet, vilket är både dyrbart och tidskrävande. Den höga kylförmågan för plattreaktorn medför att man kan redan från början använda mer koncentrerade kemikalier, vilket sparar vatten, tid och energi. ”För ett kemiföretag, som vi har kontakter med, rör det sig om tiotals ton vatten per timme och många miljoner kr per år i ren besparing”, säger Tommy Norén, projektledare vid Alfa Laval i Lund. Apparaterna blir också mindre rent fysiskt, då inte lika mycket vatten behöver gå igenom reaktorn. Värmen som leds bort från plattreaktorn, kan också återanvändas för uppvärmning av fabriken.

Säkerheten förstärks på två sätt. För det första blir det enklare att styra temperaturen inne i reaktorn, genom den förbättrade kylkapaciteten. För det andra så kommer det att finnas en mindre mängd farliga ämnen i plattreaktorn jämfört med motsvarande satsreaktor för att producera lika mycket.

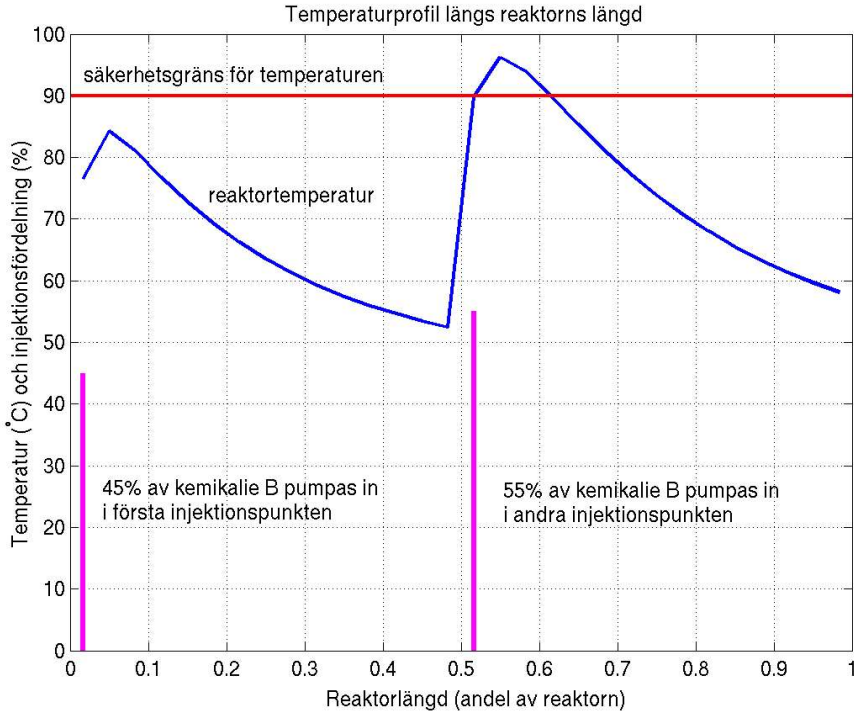
Väldefinierade användningsområden

Är då plattreaktorn lösningen på alla problem inom kemi- och läkemedelsindustrin? Nej, plattreaktorns arbetsområde omfattar framför allt snabba reaktioner, som antingen måste kylas eller värmas, det vill säga exoterma eller endoterma reaktioner. Den är inte lämplig för svårblandade kemikalier, där det krävs kraftig omrörning för att molekylerna ska träffa varandra och reagera. Plattreaktorn kommer till en början inte att konkurrera med stora tankreaktorer. Alfa Laval AB inriktar sig för tillfället på kemiska reaktioner, som produceras i mindre mängder och där det är viktigt med hög effektivitet och säkerhet. Anledningen är rent marknadsstrategisk, då det är enklare att etablera den nya tekniken i liten skala.

Säkerhet och effektivitet med reglerteknik

Säkerheten har högst prioritet under produktionen. De exoterma reaktionerna är instabila, de kan alltså öka lavinartat i temperatur, upp till en nivå som kan allvarligt skada apparaten och dess omgivning. (De ska dock inte förknippas på något sätt med reaktioner i kärnkraftverk.) Forskare från institutionen för Reglerteknik vid Lunds Tekniska Högskola arbetar för närvarande med att utveckla ett styrsystem, med målet att med hög säkerhet kunna kontrollera plattreaktorn och optimera dess effektivitet.

För att kunna styra plattreaktorn har man flera olika möjligheter, som kallas styrsignaler. Den första och viktigaste styrsignalen är **temperaturen på kylvattnet**. Genom att öka eller sänka den, kan man kontrollera hur mycket värme som transporteras bort från plattreaktorn. Den räcker dock inte fullt ut, då kylvattnet har en begränsad möjlighet att påverka temperaturen i början av reaktorn. För att fördela den värme som bildas vid reaktionen, injiceras ämne B in i reaktorn på två ställen, så kallade injektionspunkter. Man kan alltså styra temperaturen runt injektionspunkterna genom att justera mängden B som sprutas in. Den andra styrsignalen är alltså **injektionsfördelningen**, hur mycket av kemikalie B man ska spruta in i respektive injektionspunkt. De två styrsignaler kan tillsammans godtyckligt styra den maximala temperaturen inne i reaktorn. Figur 2 visar hur temperaturen varierar längs med reaktorn då man injicerar ämne B i dess början och i mitten.



Figur 2: En simulerad bild över hur temperaturen varierar längs reaktorns längd. Staplarna visar fördelningen hur mycket kemikalie B, som injicerades i respektive punkt. Ju mer man sprutar in desto varmare blir det i den punkten. För att reaktortemperaturen ska komma under säkerhetsnivån, bör man sänka kyltemperaturen eller omfördela insprutning av ämne B från 45/55 % till 50/50 %, dvs man sprutar in lika mycket i varje punkt.

Runt varje punkt där ämne B injiceras, bildas en lokal temperaturtopp, då den snabba reaktionen producerar värme precis efter injektionspunkten. Sedan största delen av kemikalie B förbrukats, tar kyleffekten över och temperaturen inne i reaktorn sjunker. De rosa stolparna i figur 2 indikerar hur mycket av kemikalie B som injiceras i respektive punkt. I bilden är fördelningen 45 % i den första punkten och resterande 55 % i den andra punkten. Genom att omfördela B mellan de två

punkterna kan vi styra var reaktionen sker och därigenom var värmen hamnar.

Tar matematiken till hjälp

Styrsystemets huvuduppgift är att se till så att temperaturen inne i reaktorn hålls under säkerhetsnivån. Den andra uppgiften är att styra reaktionen så att effektiviteten blir så hög som möjligt. Prioritetsordningen medför att först ser styrsystemet till att temperaturen inte blir för hög och därefter försöker den maximera effektiviteten. Denna uppgift kan formuleras som ett optimerings-problem. Styrsystemet försöker, med hjälp av en matematisk modell av plattreaktorn, beräkna hur temperaturer och koncentrationer kommer att bli i framtiden, givet att vi gör en viss styråtgärd. Sedan jämförs resultatet från många olika styråtgärder och styrsystemet väljer ut den åtgärd, som maximerar effektiviteten. Åtgärder som leder till för höga temperaturer sållas bort direkt. Därefter utförs denna åtgärd, vilket kan vara ändringar i kyltemperatur eller omfördelning av injektionerna av ämne B. Dessa beräkningar upprepas varje sekund för att kunna reagera plötsliga störningar. Simuleringar gjorda vid Reglerteknik på LTH visar att det framtagna styrsystemet ger en säker och effektiv produktion. Experiment, som kan bekräfta resultaten från simuleringarna, kommer att inledas nästa år.

En revolution som tar tid

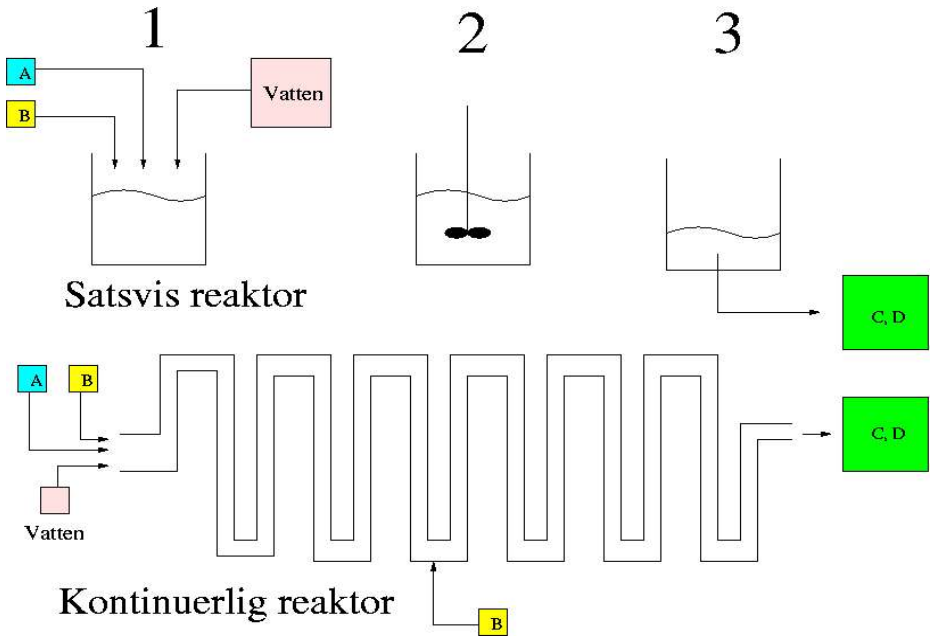
Den nya plattreaktorn har många uppenbara fördelar jämfört med den nuvarande tankreaktorn, så som ökad kylkapacitet och högre flexibilitet. Men det kommer att ta en lång tid innan plattreaktorn blir standard inom hela kemiindustrin, då de befintliga produktionsapparaterna är väldigt kostsamma att ersätta och plattreaktorn riktar sig än så länge mot produktion i liten skala. Inledande experiment visar att plattreaktorn har god potential, men det återstår fortfarande en del arbete innan alla möjligheter är utredda. Det tar också tid för industrin att anpassa sina tillverknings-metoder, för att till fullo utnyttja plattreaktorteknologin. Därför samarbetar nu Alfa Laval AB med ett antal kemiföretag och demonstrerar hur företagens reaktionerna kan göras i en plattreaktor och vilka fördelar det medför.

Staffan Haugwitz

Doktorand i Reglerteknik vid Lunds Tekniska Högskola

Figur 3: Bilden visar en plattreaktor i mindre skala som används i demonstrationssyfte och för att göra preliminära studier av företagens kemiska reaktioner. Copyright: Alfa Laval Corporate AB

Faktaruta:



Figur 1: Ovan visas skillnader mellan satsvis och kontinuerlig kemikalieproduktion. I satsvis produktion blandas kemikalierna (steg 1) i en stor tank under omrörning (steg 2). Produkten blir klar efter en viss tid och då töms hela tanken (steg 3) och den tvättas ur innan den kan fyllas på. Därefter upprepas förloppet. I kontinuerlig produktion (under delen) blandas kemikalierna ihop och får flöda tillsammans genom ett rör eller en värmeväxlare. Blandningen sker naturligt i rörkrökarna. Notera de olika storlekarna på hur mycket vatten som behövs för utspädning av kemikalierna.