



Generativa CAE-system

-Kunskaphanterande IT-system vid produkt- och processutveckling inom tillverkningsindustrin

Bakgrund

Effektivisering av konstruktions- och utvecklingsarbete

I ett vitalt tillverkningsföretag lever utvecklingsavdelningen alltid under stark tidspress - man upplever att det alltid finns mer idéer och utvecklingsprojekt än det finns personella resurser. Eftersom företagets framtid bygger på att nya produkter efterhand skapas är det av fundamental betydelse att utvecklingspersonalens tid inte i onödan upptas av rutinbetonade uppgifter – rationalisering av dessa för att frigöra tid för nyskapande är ett högprioriterat område.

I många företag, särskilt de lite mindre, arbetar konstruktion och utveckling med ett ganska brett spektrum av uppgifter avseende t ex

- Tekniskt säljstöd och kundanpassningar
- Produktrationalisering
- Omkonstruktion, förbättring, optimering
- ”Trouble-shooting”, haveriutredningar, reklamationer
- Tekniska beräkningar
- CAD-modellering, ritningsframställning
- Nykonstruktion och innovativa arbetsuppgifter

För arbetsuppgifter som kräver kreativitet, omdöme, erfarenhet och ”intuition” är människan oslagbar. I praktiken utgör emellertid ofta det nyskapande arbetet på ett konstruktionskontor en mindre del av hela arbetsvolymen. Mycket tid ägnas åt någon form av återanvändning av befintliga lösningar och kunskaper. För arbetsuppgifter som har stort innehåll av repetition erbjuder moderna IT-verktyg intressanta rationaliseringsmöjligheter. Ur både företagets och den anställdes perspektiv är det attraktivt om man med IT-hjälpmedel kan avlasta utvecklingsingenjörerna tidsödande och repetitiva arbetsuppgifter och istället frigöra mer tid till det som människan har unik förmåga till - kreativt arbete.

Kundanpassning som affärsidé

Standardisering och modularisering är viktiga sätt att återanvända befintliga konstruktionslösningar, och därmed ”inbyggda” kunskaper, många gånger. För många produkter är detta den enda vägen till långa tillverkningsserier och konkurrenskraftiga priser.

Kunskapen om *konfigurering* av standardsortimentet för att skapa kundanpassade varianter får då en central roll.

Samtidigt innebär standardisering och modularisering nästan alltid kompromisser – den optimala lösningen kan inte väljas i varje enskilt fall, komponenterna måste väljas med marginal till specifikation och kanske blir tyngre och dyrare än nödvändigt. I en del fall kan därför bästa affärsstrategin vara den motsatta – långt driven kundanpassning som ett konkurrensmedel i sig. Kundenpassade, *customised*, produkter kan ha olika grad av frihet, t ex dimensionsserier, parameterkonstruktion eller varianter med större konstruktiv frihet. Exempel på produkter där det ofta är nödvändigt att varje produktindivid är unik, finner man bland annat vid medicinska tillämpningar, stora strömningsmaskiner, specialanpassad produktionsutrustning, anläggningskonstruktion osv.

Individualiserade produkter, oavsett om dessa bygger på kundspecificerade konfigurationer av standardkomponenter eller friare variantbildningar, förutsätter att samma produkt- och processkunskap med viss automatik kan återanvändas många gånger - tid och kostnad för konstruktion och beredning riskerar annars att bli orimlig.

Nästa generation CAE-verktyg

Dagens IT-stöd för konstruktionsarbete har primärt *dokumenterande* och *analyserande* funktioner. Produktens kravspecifikation *dokumenteras* i ett "kravhanteringssystem", geometrin i ett CAD-system, produktstrukturen i ett PDM-system, kostnadsberäkningarna i ett kalkylark osv. Därutöver *analyseras* de framtagna lösningsförslagen med olika IT-verktyg avseende t ex utseende, bärförmåga, livslängd, producerbarhet osv. I samtliga dessa analystillämpningar utgår man från ett framlagt konstruktionsförslag och försöker förutse vilka egenskaper produkten eller processen kommer att få. Kunskapen om vägen till en viss konstruktionslösning och konstruktörens motiv för att välja denna representeras däremot inte alls.

IT-verktyg som syftar till att stödja *syntesprocesserna*, dvs skapandet av lösningar utgående från specifikationer och känd kunskap, är än så länge sällsynta och begränsar sig till specialfall inom orderstyrd konstruktion, val av standardkomponenter osv. Då nu Solid-CAD och PDM blivit industriellt väletablerad teknik för dokumentation kan man förvänta sig att nästa stora utvecklingssteg inom datorstödd konstruktion kommer att fokusera på syntesprocesserna. Eftersom sådana system måste ges förmågan att lagra, dra slutsatser från och utnyttja kunskapsbaser, används ibland begreppet "kunskapshanterande" system, KBS (Knowledge Based Systems). Denna beteckning associerar till en viss typ av generell AI-teknik, som inte primärt är avsedd för ingenjörstillämpningar. I det följande används därför istället beteckningen *Generativ CAE*, som ett samlingsnamn för de olika IT-verktyg som lämpar sig för att i ingenjörstillämpningar lagra kunskaper, regler, erfarenheter och algoritmer på ett sådant sätt, att de snabbt kan utnyttjas för att generera nya produktvarianter på basis av de för produktfamiljen grundläggande konstruktionsreglerna.

Produkt- och processkunskap som konkurrensfaktor

Man talar ibland om "kunskapsföretag" och menar då oftast tjänsteföretag, som lever på att sälja tjänster baserade på mer eller mindre unika kunskaper. Egentligen gör även de flesta varuproducerande företag skäl för epitetet "kunskapsföretag". Bakom de företag, som är

framgångsrika på en öppen marknad, ligger oftast en unik och komplicerad struktur av kunskaper, erfarenheter och värderingar, som ger företaget sin identitet och dess produkter sin utlovade funktion och karakteristiska egenskaper.

Denna kunskapsstruktur utgör många gånger företagets viktigaste och mest svårersättliga tillgång, eftersom det kring en given produkt eller tillverkningsprocess efterhand byggs upp en djup och unik kunskap. Tas företagets kunskaps- och erfarenhetsbas tillvara på ett systematiskt sätt får företaget efterhand ett svårintagligt kunskapsförsprång gentemot sina konkurrenter. För den stora mängden av etablerade varor är produktkunskapen, åtminstone på komponent och delsystemnivå, förvånansvärt tidsbeständig - kunskapsutvecklingen sker relativt långsamt, har evolutionär karaktär och styrs ofta av grundläggande fysikaliska lagar. Kunskapen är dock svårhanterlig på ett annat sätt än materiella resurser, den är i stor utsträckning knuten till personer, den är spridd på många individer och kunskapsluckor kanske inte observeras förrän alltför sent.

De flesta större företag upprättar något slags Tekniska Beskrivningar, konstruktions- eller verksamhetshandböcker för sina viktigaste produkter och teknikområden. Detta är det traditionella sättet att representera produktens kunskapsstruktur. Texten skall dock läsas, tolkas och omsättas praktiskt, vilket kan vara en tidsödande process med uppenbara risker för missförstånd. Denna produktkunskap skulle ofta kunna hanteras mycket effektivare med moderna IT-hjälpmedel och man kan säga att *Generativ CAE* syftar till att göra konstruktionsanvisningar läsbara och exekverbara, där den senare funktionen innebär att konstruktionsförslag skapas från specifikationer och konstruktionsregler (syntesfas).

Konstruktionsreglerna förändras oftast betydligt långsammare än marknadens skiftande krav och kan därför överleva många produktgenerationer. Om man lyckas implementera denna kunskap på ett effektivt sätt kan den alltså återanvändas många gånger och av olika personer samt underhållas med rimliga insatser.

Industriell potential hos Generativ CAE

Vari ligger då de förväntade vinsterna vid en bredare användning av *Generativ CAE*?

- Spara tid och kostnader
- Möjliggöra långt driven optimering
- Enhetlig och stringent framtagningsprocess
- Säkra kvalitet - Reducera risken för misstag
- Minimera rutinarbete och frigöra arbetstid för nyskapande arbete.

Den på lång sikt viktigaste, men sällan uppmärksammade, effekten är dock troligen att produkt- och processkritisk kunskap byggs upp, dokumenteras och förvaltas på ett systematiskt sätt. Detta är naturligtvis speciellt viktigt då man har omsättning på personal och snabbt måste introducera nyanställda.

Hur skall användningen av *Generativ CAE* breddas?

Som framgår av den ovan tecknade bakgrunden ligger det en stark industriell potential i utnyttjandet av *Generativ CAE*. Det finns också ett antal ganska storskaliga tillämpningar inom svensk industri som använts under lång tid. Omfattningen på användningen svarar dock inte alls mot potentialen. Detta beror inte på brist på IT-verktyg – i själva verket finns en

uppsjö av programvaror och teknologi som har förmåga att hantera kunskap ur olika aspekter. Däremot upplever många företag tröskeln att dra igång sådana system som avskräckande hög vad gäller tid och arbetsinsats. Härtill kommer en osäkerhet inför tekniken – man har svårt att förutse kostnaderna och svårt att i förväg bedöma hur den praktiska användningen kommer att fungera. Dessutom oroar sig många, på goda grunder, för hur systemet skall underhållas så att regelverket är korrekt och kan följa med önskade produktförändringar, utan att få en konserverande effekt på produktutbudet. Hindren ligger alltså inte primärt på IT-sidan utan handlar snarare om att utveckla effektiva strategier och arbetssätt för hur nya system skall skapas, användas och underhållas.

Projektmål

Inom projektet kommer generella strategi- och metodikfrågor avseende utveckling och användning av kostnadseffektiva och flexibla *Generativa CAE-system* att studeras. Nedan anges huvudområdena för studien. För varje huvudområde anges viktiga delfrågor som kommer att behandlas i projektet.

Införande och underhåll av *Generativ CAE*

- Hur skapa system som har låg starttröskel, kan föras in efterhand och successivt byggas ut?
- Hur skalbara är systemen?
- Kan ändringar och nya applikationer enkelt föras in?

Kunskapsrepresentation

- Hur förvissa sig om att systemet ger full insyn och användarkontroll?
- Hur göra kunskapen i systemet (regler, algoritmer, databaser osv) överblickbar, välstrukturerad, väl läsbar, sökbar och kopplad till relevanta produktobjekt ?
- Hur skapa system där det blir naturligt att successivt skapa en gemensam kunskapsbank?

Systemarkitektur

- Hur ser funktionella arkitekturer ut för olika kategorier av konstruktionsuppgifter?
- Vilka funktioner behövs för en given uppgift, och vilka lösningsstrategier har förutsättningar att lösa uppgifterna?
- Hur skapa transparenta och styrbara system?
- I vilken utsträckning skall CAD-systemens interna funktioner utnyttjas istället för externa moduler?
- I vilken utsträckning kan systemen byggas upp av standardverktyg (ofta redan tillgängliga på många företag) och vad blir funktionaliteten i förhållande till specialsystem? Några Benchmarks genomförs.

Arbetets genomförande

Forskningsmetodik

Projektet utreder generiska frågeställningar, som är relevanta för de flesta företag som planerar att arbeta med *Generativ CAE*, och täcker ett brett spektrum av tillämpningar. Den forskningsmetod som skall användas bygger på att pilotsystem för olika tillämpningar skapas och att dessa jämförs och utvärderas ur de olika aspekterna angivna ovan. Tillämpningarna kommer att utgå från verkliga, men nedskalade, industriella fall – erfarenheterna byggda på tillrättalagda, fiktiva fall riskerar bli orealistiska.

Pilotsystemen skall i allt väsentligt bygga på kommersiellt tillgängliga programvaror, men i praktiken måste dessa oftast byggas ihop till kompletta system, alternativt applikationsprogrammeras. Det är då av största vikt att analysera konstruktionsuppgifternas karaktär och anpassa systemen efter dessa, se referens ¹. Här finns olika vägar att gå – alltifrån utnyttjande av dedicerade AI-verktyg med stor inbyggd funktionalitet, till relativt enkla och lättillgängliga programvaror, som byggs ihop och förses med viss komplettering. Det finns stort behov av att utreda de praktiska effekterna av att välja alternativa vägar – en uppgift som få företag har tid och förmåga att göra själva.

Deltagande företag

Till projektet knyts en projektgrupp med företag, som bidrar med tillämpningsexempel och som själva är aktiva med användning eller utveckling av *Generativa CAE*-system. Till projektet knyts också en referensgrupp med c:a fem företag som främst deltar med informationsutbyte och som diskussionspartner, men inte primärt med applikationsexempel.

De deltagande företagen är:

Företag	Kontaktperson	Ort
ABB Ventilation Products, Division Industri	Jan Molin, 0470-87484	Växjö
ABB Ventilation Products, Division Fläkt	Tauno Jyrkin, 036-193244	Jönköping
Volvo Aero Corporation ²	Ola Isaksson, 0520-939 87	Trollhättan

Övriga företag i referensgruppen redovisas i den första statusrapporten.

¹ Amen, Rask, Sunnersjö, *Matching Design Tasks to Knowledge Based Software Tools*, ASME 25th Conference on Design Automation, Las Vegas, 1999

² Volvo Aeros deltagande begränsas tills vidare till referensgruppen

Forskningsutförare, finansiering och tidplan

Forskningsarbetet genomförs vid Ingenjörshögskolan i Jönköping, avdelningen för Maskinteknik. En större samlad forskningsverksamhet kring temat *Generativ CAE* planeras på avdelningen och det här sökta projektet planeras ge viktiga synergier med angränsande projekt.

Ingenjörshögskolan i Jönköping, belägen i en region med c:a 40% av arbetstillfällena inom tillverkningsindustrin, har en av landets största grundutbildningar för ingenjörer och utbildningen har på kort tid etablerat sig som en av de ledande i landet med stort söktryck. Forskarutbildningen är emellertid inte tillräckligt väl utvecklad. För att vidmakthålla och utveckla Ingenjörshögskolan läggs därför stor vikt vid att etablera forskningsverksamhet inom några nyckelområden, och inom det s k JTH-projektet samlas nu medel in från regionens företag för att möjliggöra en sådan satsning. Datorstödd produktutveckling har prioriterats högt och det föreslagna projektet kommer därför att kunna delfinansieras med JTH-medel.

Projektet planeras löpa över tre år, med delrapportering efter varje verksamhetsår. Projektet påbörjas 1/7 2002 och löper till 30/6 2005. Projektledare är Staffan Sunnersjö, professor i ämnet maskinkonstruktion. I projektet kommer två doktorander att arbeta heltid. För två yngre forskare och projektledare/handledare på 1/3 av heltid, blir forskargruppens totala kostnader SEK 5 400 000. Från Vinnova söks totalt SEK 2 250 000, jämt fördelat över tre år, täckande lön, resor och datorkostnader för en av doktoranderna. Återstående finansieringsbehov täcks av Ingenjörshögskolan med medel insamlade från företag (se JTH-projektet ovan). De i projektet deltagande företagen utför eget arbete, eller redovisar motsvarande kostnader, uppgående till minst samma belopp som Vinnovas anslag.

Resultatspridning

Projektresultaten sprids inom projekt- och referensgrupperna till ett tiotal företag som får mycket goda insikter i projektet. Därutöver sker bred spridning genom seminarier eller konferenser, t ex föreningen SIGPM eller Konstruktion & Design-mässan. Resultaten kommer också att utnyttjas i teknologutbildningen. Den vetenskapliga rapporteringen beräknas innefatta totalt fem till tio publikationer i internationella tidskrifter eller vid forskningskonferenser.