

Automation och positionering av kantpress

FREDRIK SOLENBERG



KTH Machine Design

Master of Science Thesis
Stockholm, Sweden 2004

Automation och positionering av kantpress

av

Fredrik Solenberg



Examensarbete MMK 2004:27 MDA 229
KTH Maskinkonstruktion
SE-100 44 STOCKHOLM



MMK

KTH Maskinkonstruktion

Examensarbete MMK 2004:27 MDA 229

Automation och positionering av kantpress

Fredrik Solenberg

Godkänt 2004-04-02	Examinator Mats Hanson	Handledare Bengt Eriksson
	Uppdragsgivare Rotab Rostfria Transportörer AB	Kontaktperson Lennart Nord

Sammanfattning

Examensarbetet beskriver automatiseringen av en gammal kantpress från 60-talet. Utifrån en förstudie av moderna kantpressar har en modernisering av det bakre anhållet på en gammal kantpress genomförts. En slutsats som drogs efter förstudien var att absolutpositionen skulle mätas för att erhålla bästa precision. Sambandet mellan effektivitet, produktivitet och kvalitet ställs upp och testas på en gammal, en moderniserad och en ny kantpress i slutet av arbetet.

Syftet med den nya konstruktionen är att den skall öka produktiviteten, förbättra tillverknings toleransen, minska ställtider och vara förberedd för att minska stopptider vid maskinfel. En analys visar genom statistisk processtyrning att syftet uppfyllts. Resultaten illustreras i flera diagram.

Konstruktionen jämförs i en investeringsbedömning mot en modern kantpress. Utifrån Pay-Off-metoden dras slutsatsen att den moderniserade kantpressen är ett attraktivare investeringsalternativ. Två faktorer som påverkar en effektiv investering har identifierats. Dessa är produktiviteten för den moderniserade kantpressen samt beläggningsgraden för en ny kantpress.

Konstruktionsmässigt uppfyller den moderniserade kantpressen hela kravspecifikationen sånär som på två punkter. Maskinen har förberetts för dessa men är inte implementeras på grund av tidsbrist.

Slutsatsen är att det med billiga standardkomponenter går att modernisera gamla maskiner och erhålla fullt produktionsmässiga resultat. För att det rent ekonomiskt skall gå ihop bör dock kunskap om moderniseringen finnas inom företaget, då dyra konsultkostnader snabbt annars åter upp förtjänsten.



MMK

KTH Machine Design

Master of Science Thesis MMK 2004:27 MDA 229

Automation and control of a press break

Fredrik Solenberg

Approved 2004-04-02	Examiner Mats Hansson	Supervisor Bengt Eriksson
	Commissioner Rotab Rostfria Transportörer AB	Contact person Lennart Nord

Abstract

This Master thesis describes the automatization of an old press break from the sixties. Based upon a prestudy of modern press breaks, a modernisation of the rear stop cleats was made. A conclusion that was made after the prestudy was that the absolute position should be measured to obtain the best possible precision. The connection between efficiency, productivity and quality are then tested on an old, a modernized and a new press break.

The purpose of the new adjustment is to increase productivity, enhance the processing tolerance and to reduce setup time and down time if an error occurs. Through a statistic benchmark, the analysis shows that the purpose is achieved. The results are illustrated in several diagrams.

The construction is compared to a modern press break with an economical method called Pay-Off. It shows that the modernized press breaker is a more attractive solution in terms of capital investment. There are two different factors to be considered, the first being the productivity from the modernized press breaker and the second is the degree of utilization for a new press.

Constructionwise, the modernized press breaker fulfils the entire specification of demands except on two points. The machine has been prepared to measure up to these demands but due to lack of time, not been implemented.

Summarized, the conclusion to be drawn is that you can modernize old machines with standard components and still be able to maintain fully acceptable results. And, to avoid high consultancy fees you should have knowledge about the modernization within the company, or else they will reduce or at worst exceed the profit.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	VAL AV PROBLEM	2
1.3	SYFTE OCH AVGRÄNSNINGAR	2
1.4	BEFINTLIG MASKIN	3
2	METODDEL	6
2.1	MATERIAL OCH METODER	6
2.2	SYSTEMATISKA FEL	6
2.3	SVÅRIGHETER OCH PROBLEM	6
3	BUDGET	7
4	KONSTRUKTION	8
4.1	KRAVSPECIFIKATION	8
4.2	FUNKTION	9
4.3	TILLVERKNING OCH MONTERING	10
4.4	STYRSYSTEM OCH SYSTEMARKITEKTUR	11
5	STATISTISK PROCESSTYRNING	13
5.1	PRODUKTIVITET	13
5.2	KVALITET	14
5.3	DRIFTSÄKERHET	15
5.4	STÄLLTID	16
6	INVESTERINGSBEDÖMNING	17
6.1	BESLUTSMODELL	17
7	ANALYS	20
8	SLUTSATS	21
9	ORDLISTA	22
10	REFERENSFÖRTECKNING	23
11	BILAGA 1, PROVBOCKNINGAR	24
12	BILAGA 2, KOSTNADER FÖR KONSTRUKTION	25
13	BILAGA 3, BALKKRÖKNING	26
14	BILAGA 4, TESTRESULTAT	27

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Marknadskrafterna styr dagens företag mot helautomatisk produktion för att höja kvalitén och sänka produktionskostnaderna. Detta gäller idag även mindre verkstäder och företag. En investering kan vara nödvändig för en kostnadseffektiv produktion, men kan även vara förödande för ett mindre företag ur ekonomisk synvinkel. Faktorer i såväl tillverkningsprocesser som tillverknings sätt styr produktionens lönsamhet. Några målsättningar kan bland annat vara:

- öka produktiviteten
- förbättra tillverkningstoleransen
- minska stopptiden vid fel
- minska ställtider

För att klara dessa uppgifter gäller det att strukturera upp produktionens delprocesser och titta närmare på vilka möjligheter som egentligen finns. Processjämförelser [1] (eng. *benchmarking*) är ett hjälpmedel för att synliggöra skillnaden mellan två eller flera processteg. Om man till exempel vill förbättra sin faktureringsprocess letar man upp ett företag som erkänt är effektiva på just fakturering. Oberoende på vilken nisch företaget arbetar inom sker fakturering ofta på liknande sätt. En jämförelse i en annan bransch är alltså att föredra då ett icke konkurrerande företag ofta inte har något intresse av att dölja information.

Ett företag som är mycket känt för sin fakturerings service och precisa faktureringar är American Express. Genom att jämföra företagens faktureringsprocesser mot varandra kan man ofta direkt finna förslag på förbättringar. På liknande sätt kan tillverkande företag jämföra olika tillverkningsprocesser mot varandra. På så sätt moderniseras företagen och gamla processer byts ut mot effektivare metoder. Valet av tillverkningsprocess blir:

- det processteg som kan tillverka en detalj bäst, det vill säga till lägsta pris producera en acceptabel kvalitetsnivå.

Kvaliténs betydelse får alltså inte glömmas bort när produktionen effektiviseras. För att välja den effektivaste tillverkningsprocessen kan sambandet mellan effektivitet, produktivitet och kvalitet användas. Detta kan enligt [2] skrivas på följande sätt:

$$\text{produktivitet} * \text{kvalitet} = \text{effektivitet}$$

Ekvation 1 Definitionen för effektivitet.

Genom att utföra identiska test på olika processer kan alltså effektiviteten jämföras. Testet bör vara noggrant genomtänkt och spegla produktion för att ge bra resultat.

1.2 Val av problem

2002 började jag min inriktning, mekatronik, på institutionen för maskinkonstruktion. Som ett led i kompetensinriktningen skall ett examensarbete med passande sammansättning utföras. Jag fick information om projektet "Automation och positionering av kantpress", efter att ha jobbat som konstruktör under sommaren. Detta innebar att en mekanisk konstruktion skulle utvecklas, en fältbuss implementeras och ett datorbaserat styrsystem programmeras. Under arbetets inledningsfas insågs att projektet måste bantas på grund av omfattningen att utföra samtliga moment. Därför ändrade jag målsättningen till att endast omfatta de bakre stoppen och en mindre jämförelse mellan en gammal, en moderniserad och en modern kantpress.

1.3 Syfte och avgränsningar

Mitt första syfte med examensarbetet är att modernisera en gammal kantpress. Maskinen saknar funktioner som i moderna kantpressar anses självklara. En sådan funktion är automatiska stopp som bestämmer vart plåten skall bockas. I denna redovisning skall kunna utläsas en lösning där stoppen skall öka produktiviteten, förbättra tillverkningstoleransen, minska ställtiden och vara förberedd att minimera stopptiden vid maskinfel.

Mitt andra syfte är att jämföra en gammal, en moderniserad och en ny kantpress mot varandra. Detta gör jag för att se kvalitén på konstruktionen, men även för att se om några av de faktorer som bidrar till en effektiv investering har hittats. Slutligen tar jag upp en värdering av investeringen.

Varför jag avgränsade mig till de bakre stoppen berodde på omfattningen av det ursprungliga projektet. Det finns flera intressanta funktioner som den befintliga kantpressen saknar, men som jag valt att inte behandla. Flera av dem kommer säkerligen implementeras efter detta examensarbete.

1.4 Befintlig maskin

Dagens maskin är en kantpress från 1960. En omfattande ombyggnad av maskinen, från att vara elmotordriven till hydrauldriven, skedde i början på 80-talet. Även styrsystemet moderniserades och har därefter använts ända fram till idag. Kantpressen kan bocka stora plåtar med en presskraft på flera hundra ton. Tekniken går ut på att pressa plåten mellan två verktyg tills bocken erhållit rätt form. Genom att variera verktyg och pressdjup kan således både form och vinkel styras på bocken.

1.4.1 Funktion

Kantpressen får sin kraft av en stor hydraulcylinder som genom en kedjetransmission vrider på en excenter. Den överför rotationen till en vertikal rörelse med enorm kraft, se figur 1. Presskraften för maskinen är flera hundra ton och genom att återkoppla hydrauloljan på hydraulcylindern kan den köras med två olika presskrafter. Dessa presskrafter går hand i hand med låg respektive hög hastighet. Den stora belastningen i maskinens rörliga delar tas upp av hydrostatiska lager, där funktionen havererar utan kontinuerlig smörjning.

Kraften överförs till en kniv som genom att pressa plåten mellan sig och en dyna bockar plåten. Både kniv och dyna kan utföras i flera former för att erhålla olika typer av bockningar. Bockens placering styrs av hur man lägger plåten på dynan. Vid en serie av bockar kan två mekaniska stopp ställas in för att snabbare träffa rätt med kniven, se figur 2. Stoppen används idag bara vid en serie av likadana bockar på grund av stoppens långa inställningstid. Skulle dessa kunna ställas in snabbt och med precision borde mycket tid kunna vinnas.

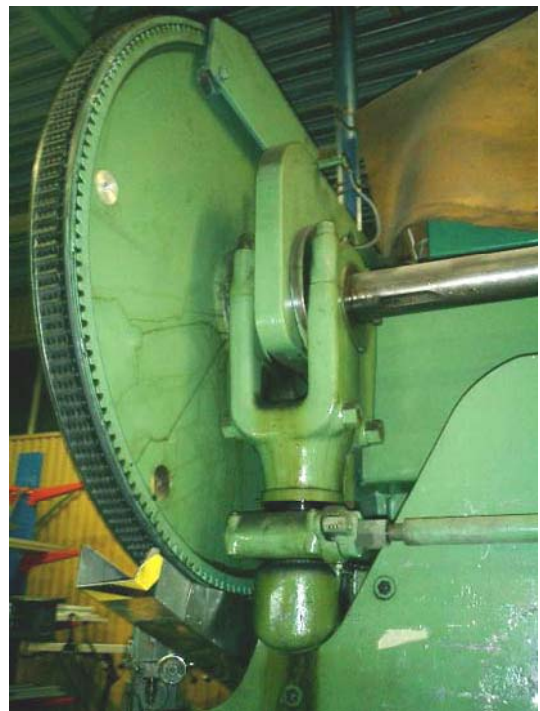


Fig. 1 Kraftöverföring från hydraul till kniv



Fig. 2 Kniv A, dyna B, stopp C

1.4.2 Styrssystem

Kantpressens rörelser är enkla, långsamma och sker med stor kraft. För att styra rörelserna krävs ett stabilt och tillförlitligt styrssystem. Dagens system är uppbyggt kring ett logiskt nät av reläer som genom signalutbyte med ett tiotal givare styr kantpressen, se figur 3. Systemet kan verka enkelt vid en snabb överblick, men vid en felsökning i systemet märks emellertid dess komplexitet. Givarna är av traditionell typ med två ledare som sluts vid mekanisk påverkan. Styrsystemets uppgift är att flytta kniven vertikalt, reglera hög och låg presskraft och garantera smörjning av hela maskinen. Något styrsystem för stoppen finns inte idag, utan inställningen sker manuellt.

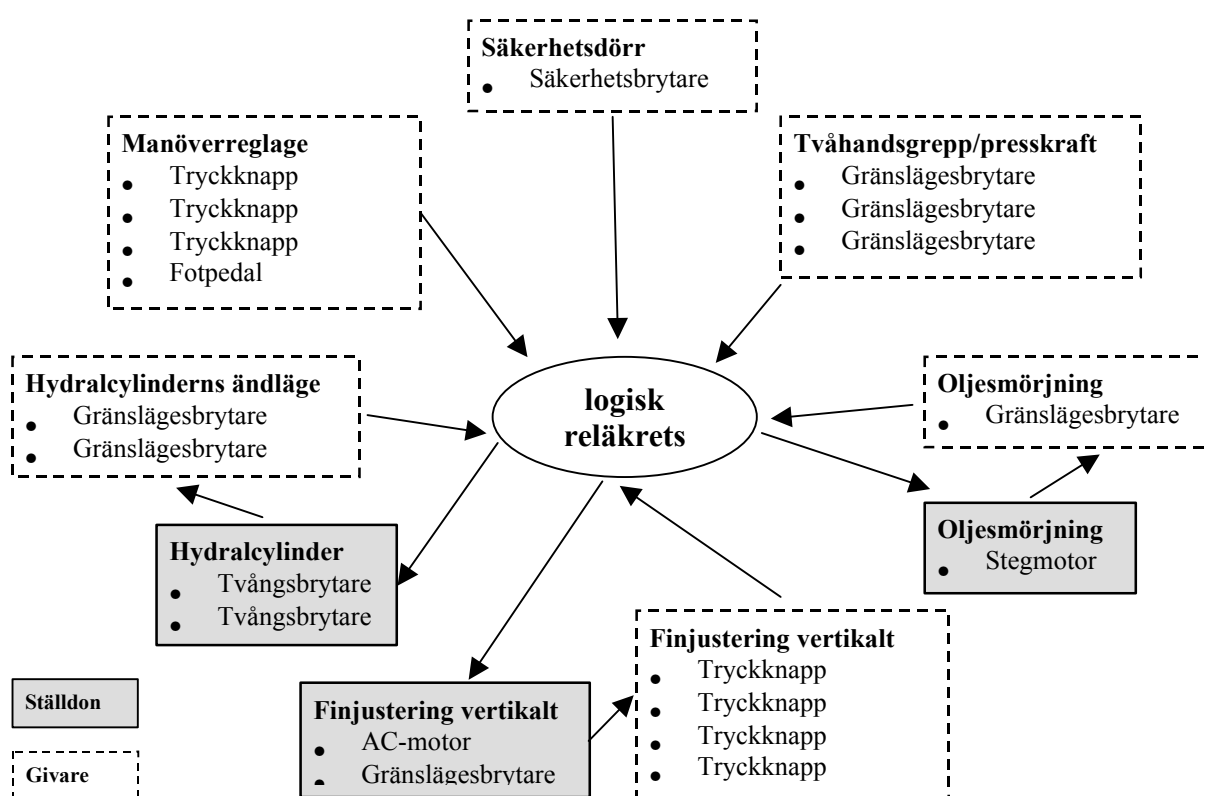


Fig. 3 Befintlig systemarkitektur

Manöverreglage Operatören använder tre knappar och en fotpedal för att manövrera kantpressen. Den mittersta knappen används för att kniven skall gå tillbaka till hemmaläge. Knapparna till höger och vänster om mittknappen kallas för tvåhandsgrepp. När tvåhandsgreppet är intryckt går kniven ner mot dynan och stannar 10 mm från den. I det nedre läget är springan mellan dynan och kniven så liten att operatören kan använda händerna för att hålla i plåten och pedalen för att styra kniven den sista biten ner mot plåten.

Säkerhetsdörr Bakom kniven kan mekaniska stopp ställas in för att styra vart plåten stannar. För att inte någon person skall kunna skadas när maskinen körs finns en säkerhetsdörr i vägen. Denna måste vara stängd för att maskinen skall kunna användas.

Tvåhandsgrepp/presskraft Vid sidan av maskinen kan operatören i förväg ställa in vilken höjd knivens rörelse skall övergå från snabb till långsam fart. Denna höjd är även detsamma som var fotpedalen kan börja användas.

Oljesmörjning Smörjningen till kantpressen sker kontinuerligt och aktiveras av knivens hemmaläge.

Finjustering vertikalt För att bestämma vinkeln på bocken finns en finjustering där knivens bottenläge placeras. Detta läge kan grovinställas och fininställas med fyra knappar.

Hydraulcylinderns ändlägen När nedersta brytaren aktiveras vänder hydraulcylindern och åker tillbaka till hemmaläget. När översta brytaren aktiveras stannar cylindern.

2 Metoddel

Examensarbetet beskriver moderniseringen av en gammal kantpress. Förutom detta görs även en kvantitativ jämförelse mot den gamla och en modern kantpress. Utifrån testresultaten i jämförelsen värderas sedan satsningen i en investeringsbedömning.

2.1 Material och metoder

Uppsatsens teoretiska delar och metod är grundade på den litteratur som hänvisas till i texten. Böcker i såväl grundläggande reglerteknik som kvalitet, tillverkningsteknologi samt investeringsbedömning har använts för att lösa uppgiften. Dessutom har information som framkommit vid intervjuer med specialister inom fältbussar och kantpressar använts.

I processjämförelsens beslutsunderlag ingår material från produktionen. Detta material har sedan behövt kompletterats med ytterligare provbockningar för att erhålla grundligare faktaunderlag.

För att inte vara vilseledande bör det nämnas att underlaget i avsnittet om tillgänglighet innehåller grova antaganden. Därav har resultatet naturligtvis påverkats och risken finns att syntesen inte är helt korrekt.

2.2 Systematiska fel

De mätdata som är använda i undersökningen innehåller sannolikt olika typer av systematiska fel. Några exempel som kan nämnas är mätfel, avläsningsfel och otillräcklig mätdata. Några av dessa är troligen av mindre betydelse medan andra förmodligen påverkar noggrannheten i mitt slutgiltiga resultat.

Det som är viktigt att tänka på är att investeringsbedömningen tolkas efter just de förutsättningar som råder i detta fall. Examensarbetet representerar alltså inte en allmän investeringsbedömning för kantpressar, då andra förutsättningar kan råda.

2.3 Svårigheter och problem

Under examensarbetet har jag brottats med flera olika svårigheter och problem. Omfattningen av projektet var ett av de första problemen som dök upp. Flera av funktionerna som från början var påtänkta togs bort och målsättningen reducerades till bakre anslagen.

När produktionen av mekaniken väl hade kommit igång, visade det sig att företaget snarare prioriterade produktionen av fabriksorder än tillverkningen av delar till mitt examensarbete. Detta medförde att tidplanen förändrades och att monteringen fick skjutas framåt i tiden.

3 Budget

Att genomföra en budget för ett projekt tillhör vardagen hos ett företag. Vid budgetering brukar projektet delas upp i mindre bitar för att få ett annat perspektiv. Till exempel skulle en motorcykel kunna delas upp i rörliga delar, ställdon och mekanik. Efteråt sätts ett grovt kalkylpris på varje enskild komponent med baktanken att budgeten måste gå ihop.

Kantpressen har delats in i tre grupper av olika pris och antal, se tabell 1. Priserna är Rotabs kalkylpriser för projekt inom automatisering, styr och regler. Kostnaden för styrning av ställdon och givare är ofta proportionell mot antalet ingångar och utgångar. Genom att räkna högt på varje givare kommer då priset på styrsystemet med i budgeten automatiskt. Någon konstruktion eller timkostnad för montering har inte tagits med på grund av projektets karaktär.

Grupp	Antal	Pris	Totalpris
Ställdon	4	5000	20000
Givare	10	3500	35000
Mekaniska rörelser	3	20000	60000
		Summa:	115000

Tabell 1 Budget för kantpress.

Projektet kommer att kosta 115000 kronor eller mindre, vilket skall vägas mot investeringen av en ny kantpress på 295000 kronor. Priset för den nya kantpressen är exklusive frakt och stillestånd av produktion vilket i detta fall vägs tungt i jämförelsen mot en modernisering.

En modernisering av kantpressen kommer alltså att utföras men en investeringsbedömning bör dock genomföras för att analysera känsligheten hos investeringen. I framtiden kan även andra faktorer som framkommer genom undersökningen vara till nytta. Dessa skulle kunna vara maximal beläggningsgrad och intjäningsförmåga.

4 Konstruktion

Positionering i en volym kräver tre frihetsgrader och minst tre lagringspunkter. Problemet vid eventuellt glapp i lagren blir alltså tre gånger större med tre lager. Genom att förspänna lagren kan allt glapp reduceras till noll och således precisionen höjas. För att höja precisionen ytterligare bör styvheten i konstruktionen inte försummas. Genom att uppskatta belastningen och sedan kompensera konstruktionen eller genom att mäta absolutpositionen under belastning borde en tillfredställande positionering erhållas.

4.1 Kravspecifikation

Bakre anslaget uppgift är att styra plåten till rätt position. Det måste kunna röra sig i tre frihetsgrader för att klara alla typer av bockar. Förflyttningarna i X-led, Y-led och Z-led har alla olika krav.

Styrsystemets primära uppgift är att kontrollera och positionera de bakre stoppen. Olika delar av kantpressen ställer olika krav och prestanda. Till exempel kräver reglering snabb överföring av analoga värden på bussen, medan andra funktioner bara behöver binär signalöverföring.

4.1.1 Funktionskrav

- Anslaget skall kunna positioneras individuellt i X-led.
- Anslaget skall röra sig parallellt i Y-led.
- Anslaget skall röra sig parallellt i Z-led.
- Anslaget skall kunna ställa in sig för olika höjd på dynan.
- Anslaget skall klara olika plåttjocklekar.

- Stoppen skall inte kunna kollidera i X-led.
- Konstruktionen skall inte kunna köra sönder sig själv.
- Styrsystemet bör informera operatören när stoppen är positionerade.
- Styrsystemet bör informera operatören när plåten är på plats.

4.1.2 Konstruktionskrav

- Konstruktionen skall kunna absorbera den rörelseenergi som största standardplåten orsakar vid manuell hantering.
- Slaglängden skall minst vara 2500 mm i X-led.
- Stoppens minsta mellanrum skall vara 50 mm i X-led.
- Stoppen skall positioneras med en tolerans på ± 5 mm i X-led.
- Tiden för positionering skall vara $T_{\max}=20$ sekunder i X-led.
- Slaglängden skall vara minst 600 mm i Y-led.
- Stoppens minsta avstånd från kniven skall vara max 8 mm i Y-led.
- Stoppen skall positioneras med en tolerans på ± 0.1 mm i Y-led.
- Tiden för positionering skall vara $T_{\max}=5$ sekunder i Y-led.
- Slaglängden skall vara 150 mm i Z-led.

- Stoppen skall positioneras med en tolerans på ± 0.3 mm i Z-led.
- Tiden för positionering skall vara $T_{\max}=10$ sekunder i Z-led.
- Styrssystemet skall vara förberett för utbyggnad av ytterligare funktioner.
- Styrssystemet skall vara tillförlitligt.
- Felsökning skall vara lätt.

4.1.3 Människa-maskinkrav

- Den mekaniska konstruktionen bör vara lätt att kalibrera.
- Konstruktionen skall inte kunna skada användaren.
- Styrssystemet skall ställas in av operatören via en pekskärm.
- Kantpressen skall manövreras av operatören via befintligt manöverreglage.

4.2 Funktion

Det moderniserade anslaget använder endast standardiserade elkomponenter för positioneringen, se Bilaga 2 för detaljer. Ställdonen driver fyra vagnar som är upplagrade med förspända kulbussningar. Två av vagnarna är lätta och flyttas, parallellt med kniven, på en horisontell balk med små likströmsmotorer, se figur 3 pil A. Balken är i sin tur fastmonterad i en vertikalt flyttbar vagn med en totalvikt på över 90 kilogram, som därför drivs av trefas växelströmsmotor, se figur 3 pil C. Slutligen sitter detta monterat på ett stativ och positioneras horisontellt ortogonalt mot kniven, se figur 3 pil B. Även denna rörelse flyttas av en växelströmsmotor från ABB. Hastigheten på växelströmsmotorerna frekvensstyrs och matas med 3x240 volt. Genom att utnyttja självhämmande snäckväxlar påverkas trefasmotorerna inte lika påtagligt av anslagets stora massa vid acceleration och retardation. Vid märkdrift utvecklar dock motorn maximalt 67 Nm. De mindre likströmsmotorerna styrs av fyrkvadrantdrivsteg som matas med 24 volt DC och utvecklar maximalt 2.3 Nm.

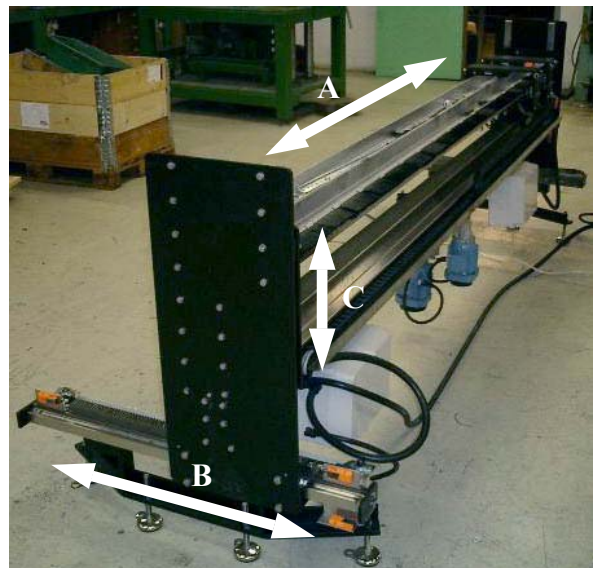


Fig. 3 Automatiskt stopp utanför kantpress

4.3 Tillverkning och montering

Valet av tillverkningsmetod är en väsentlig del i konstruktionsarbetet för att uppnå det bästa slutgiltiga resultatet. Varje detalj kan ofta bearbetas på flera olika sätt där prisnivån ökar med förbättrad kvalitet och tolerans. Vid montering av flera detaljer måste alltså summan av tillverkningstoleransernas sämsta fall ligga inom kravspecifikationens ram. För att hålla nere tillverkningskostnaderna kan ställskruvar appliceras på alla kritiska mått i konstruktionen, se figur 4. Summan av tillverkningsfelen kan då i efterhand kalibreras till det eftersökta måttet.



Fig. 4 Ställskruvar för kalibrering

4.3.1 Tillverkning

Konstruktionen består av 26 detaljer med olika krav på tolerans. Under tillverkningen har i huvudsak fyra metoder använts för att bearbeta dem till färdiga detaljer. Dessa är vattenskärning, laserskärning, fräsning och kapning. Tillverkningstoleransen på de tre första metoderna ligger på $\pm 5\mu\text{m}$, vilket är under de specificerade kraven i alla frihetsgrader. I några fall har kapning används, men då har repeternoggrannheten varit av största betydelse och kaplängden av mindre, vilket löses genom att kapa mot ett mekaniskt stopp. Alla detaljer är tillverkade i grova tjocklekar av kalldraget stål. EN S235JRG2 är tungt, mjukt men håller mycket god tolerans och ytjämnhet.

4.3.2 Standardkomponenter

Konstruktionen har anpassats för att i största möjliga mån använda standardkomponenter för såväl mekanik som elektronik och styrsystem. I den mekaniska konstruktionen har standardkomponenter endast använts på ett fåtal ställen. De mest kritiska komponenterna har dock dimensionerats med flerfaldig säkerhet. Ingen egen elektronik har utvecklats utan elektronikkonstruktionen består helt av standardkomponenter. Givare och ställdon har även monterats med åtanke på byte vid eventuellt haveri.

4.3.3 Montering

Konstruktionen är monterad med skruvar av olika dimensioner. Fördelen med skruvförband är att komponenterna lätt kan bytas ut eller riktas upp vid eventuella toleransfel. En annan fördel är även att skimspålar kan stoppas i skruvförbandet för att korrigera vinkelfel.

4.4 Styrsystem och systemarkitektur

Att överföra signaler till ett styrsystem kan göras på många olika sätt. Vid överföring av en signal krävs två ledare och för två signaler krävs fyra (skild jord). Intuitivt känns det traditionella kabelnätet lättast att utöka med fler ledare, tills inkoppling eller felsökning behövs göras. Alternativet kan vara en robust fältbuss där överföring sker med ett fåtal ledare.

För att uppnå maximal flexibilitet och kostnadseffektivitet krävs speciella krav på styrsystemet. Till exempel skall påbyggnad av givare och busstopologi samt felsökning lätt kunna utföras på bussen. Ett sätt att åstadkomma detta är att dela på arbetsuppgifterna och decentralisera styrsystemet med intelligenta noder. I figur 5 illustreras styrsystemets arkitektur.

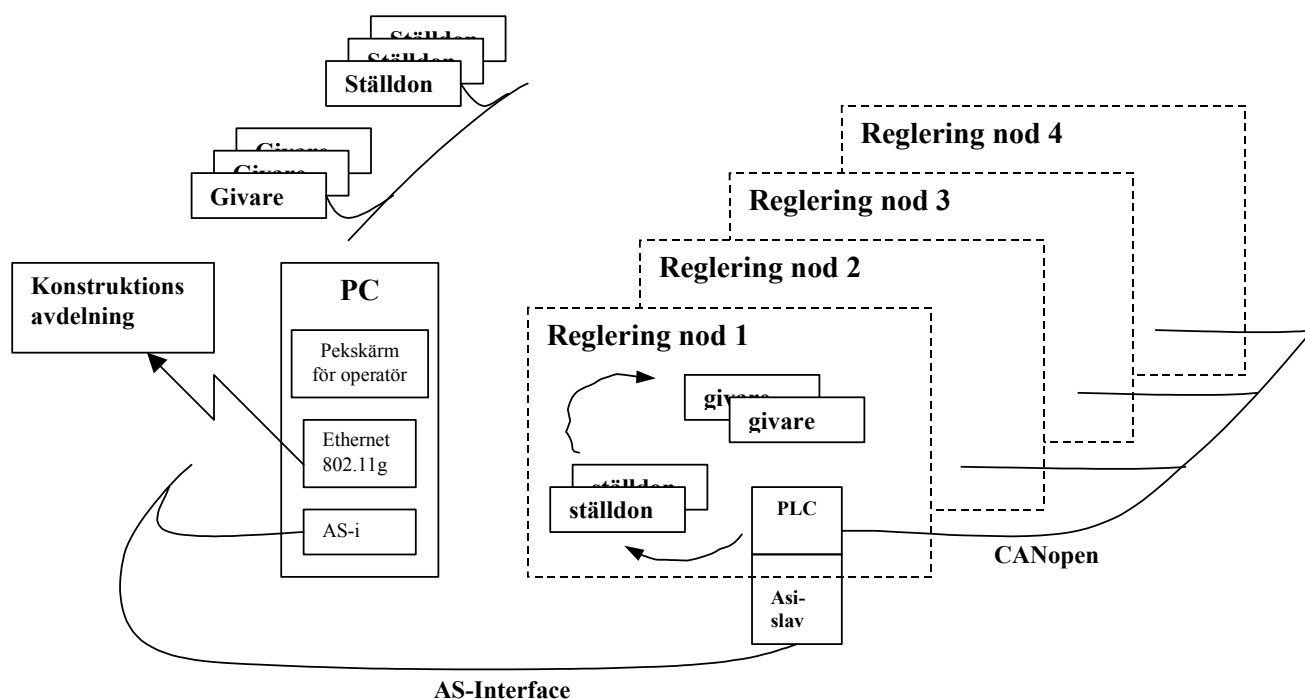


Fig. 5 Ny systemarkitektur

Det AS-interface bussen är lämplig för just utbyggnad och felsökning. Fältbussen överför binära värden enligt [5] på mindre än fem millisekunder, men behöver minst 150 millisekunder vid överföring av flyttal. Ett tidskritiskt reglersystem behöver enligt [6] betydligt högre dataöverföring för att fungera. Men genom att bryta ut regleringen och endast skicka börvärden på den långsammare fältbussen kan en optimal lösning erhållas, där kombinationen av billigt AS-interface och snabb reglering utnyttjas.

En följd av systemuppbyggnaden blev att programmeringen förenklades avsevärt genom att samma programkod kunde utnyttjas på samtliga fyra reglernoder, se figur 5. Figuren 6 illustrerar hur dataflödet i noden går från mottaget börvärde till sömnläge. Periodtiden för processen har bundits till fem millisekunder för att erhålla PLC:ns bästa regleringsprestanda.

Programmet i PLC:na är skrivet med ladderkod. För att överföra programkoden ansluts en kabel mellan PC:n och första PLC:n. Den distribuerar sedan vidare koden automatiskt till de resterande reglernoderna med hjälp av CANopen. När programkoden väl är överförd sker dock all kommunikation mellan PC:n och PLC:n med AS-Interface.

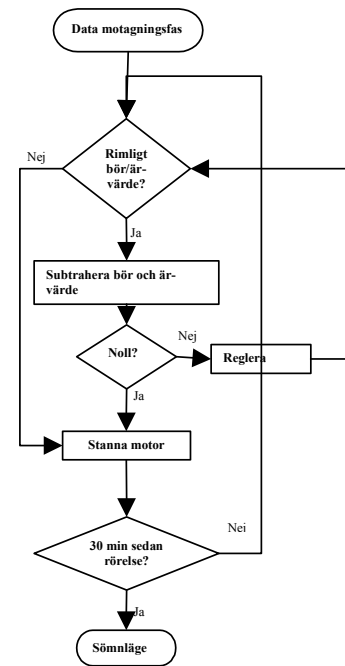


Fig. 6 Programstruktur för PLC.

5 Statistisk processtyrning

5.1 Produktivitet

I figur 7 ser vi tre kurvor illustrerade från informationen i Bilaga 1. Den prickade linjen representerar användandet av det gamla mekaniska stoppet. Linjen kommer från värdet 180 sekunder och går mot 13 sekunder när antalet bockar går mot oändligheten.

Den heldragna linjen representerar det mest frekventa fallet, det vill säga manuell uppmätning av plåt utan användandet av mekaniskt stopp. Linjen kommer från värdet 40 sekunder och går mot 12.75 sekunder.

Den streckade linjen som representerar det automatiska stoppet, kommer från 18 sekunder och sjunker mot 13 sekunder med bockningsantalet. Dessa värden kan till en

början vara förvirrande, men vid närmare eftertanke så följer de det sunda förnuftet. Vid användande av det gamla stoppet uppstår ett par moment som måste genomföras. Härifrån kommer värdet 180 sekunder, vilket alltså är den tid det tar för operatören att rigga och kalibrera verktyget. När antalet bockar stiger sammanfaller den prickade och streckade kurvan vid 13 sekunder. Detta värde kommer alltså ifrån den tid det tar att bocka plåten mot ett stopp.

Till sist har vi den heldragna linjen som till en början ligger mellan de två andra kurvorna för att sedan plana ut mot 12.75 sekunder. Det sista värdet representerar alltså den genomsnittliga tiden för att mäta upp och ritsa plåten. Men varför tar det dubbelt så lång tid att bocka mot rits än att bocka mot stopp? Svaret är enkelt. Då operatören bockar mot rits måste kniven köras med mycket lägre hastighet mot plåten för att kniven skall träffa rätt.

Vad som har kommit fram vid samtal med personalen är att uppmontering av det gamla stoppet endast görs när tio eller fler lika bockar ska utföras. En intressant detalj att titta närmare på är skärningspunkten mellan prickig och heldragen linje. Genom att sätta regressionslinjernas ekvationer lika kan seriestorleken enkelt lösas ut och avläsas till sju bockar.

En analys av bockserier i verklig produktion visar att antalet lika bockar ligger under sju stycken. I figur 8 plottas produktiviteten mot storlek på bockserie. Med den heldragna linjen som referens är detta ett positivt resultat då produktiviteten maximerats i den nya konstruktionen vid små serier.

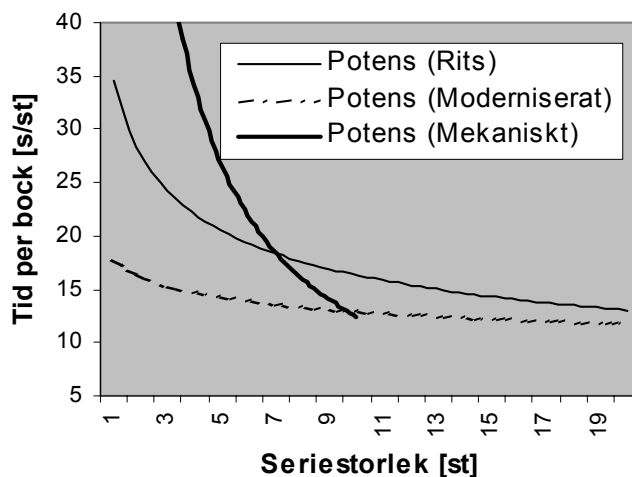


Fig. 7 Tidsåtgång per bock mot seriestorlek

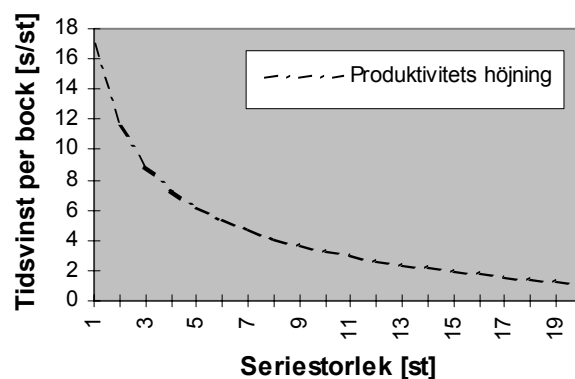


Fig. 8 Tidsvinst för nytt stopp

5.2 Kvalitet

Toleransen påverkas mer eller mindre av faktorer som bidrar till ett varierande resultat. Genom att studera systemet kan ibland några av orsakerna urskiljas och identifieras. Några exempel som bidrar till variation är spel i lager och styrningar, olika ljusförhållande och skiftande temperatur. Ibland finns dock så många faktorer att det blir omöjligt att urskilja de enskilda orsakernas bidrag. Om man däremot har en felkalibrerad maskin kan felet vara så stort att orsaken blir systematiskt urskiljbart. Genom att göra en rad provbockningar för att uppskatta felet har börvärde minus ärvärde plottats på y-axeln och unik bockserie på x-axeln. I figur 9 representerar den streckade kurvan det gamla arbetssättet utan stopp, medan den heldragna linjen illustrerar användandet av det automatiska stoppet. Som vi ser på den streckade linjen är felet helt stokastiskt och ligger på båda sidorna av noll. Oavsätt storlek på bockserie blir varje bock unik men där toleransfelet minskas av operatörens skicklighet. Som ett exempel kan nämnas att på två följande bockar i samma serie skiljde det mer än en millimeter.

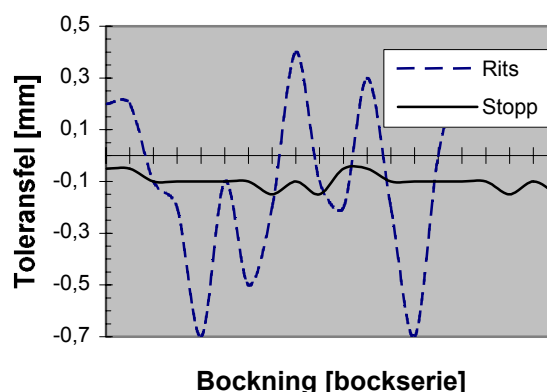


Fig. 9 Toleransfel plottad mot unika bockningar

Vid en närmare granskning av den heldragna linjen i figur 9 lyser ett systematiskt fel igenom. För att ytterligare förtydliga detta har raketten på stoppet plottats mot hela tremeterssträckan. I figur 10 ser vi resultatet vilket tyder på en stor felkalibrering. Plottdata finns i Bilaga 3. Grafen visar att u-balken är krokig såväl där testerna gjorts som på den resterande sträckan. Efter noggrann intrimning med de ställskruvar som applicerats var 80:de millimeter förbättras resultatet avsevärt. Genom att kompensera systemet reduceras alltså de systematiska felen och endast de slumpmässiga återstår. Så länge enbart stokastiska variationerna bidrar till spridningen, utan att systematiska fel påverkar tillverkningsprocessen, befinner sig alltså systemet i statistisk jämvikt. Man kan då säga att processutfallet är predikterbart inom vissa naturliga gränser. Dessa gränser sätts av de slumpmässiga variationer som de icke urskiljbara orsakerna ger upphov till.

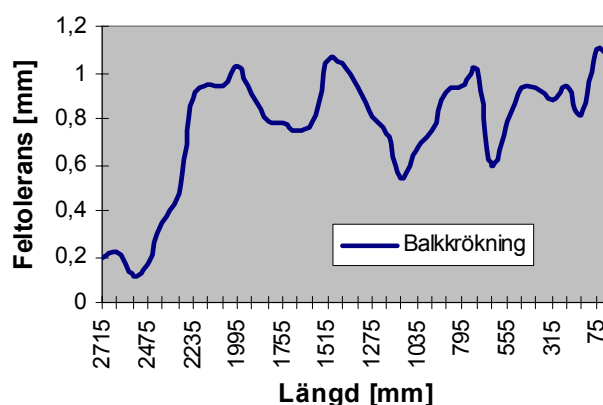


Fig. 10 Balkkrökningen plottad mot sträcka

Om tillverkningsprocessen är i jämvikt skall provgruppernas aritmetiska medelvärde hamna mellan systemets övre och undre styrgränser. Detta illustreras i figur 11. Enligt [3] är sannolikheten att ett provgruppsmedelvärde avviker utanför gränslinjerna endast är 0,27 %.

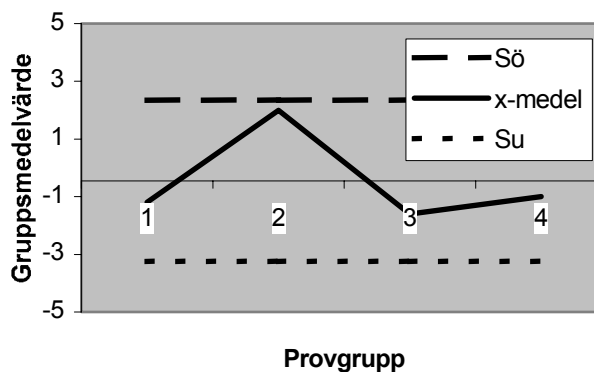


Fig. 11 Provggruppsmedelvärdet plottad mot provgrupp

När enbart slumpmässiga variationer påverkar tillverkningsprocessen kan ofta spridningen antas vara normalfördelad. Processens kapabilitet att producera detaljer inom kravspecifikationens tolerans är detsamma som arean i figur 12 mellan 1 och -1. En beräkning av arean med ekvation 2 visar att 34 % av bockningarna vid användning av rits hamnar inom toleransen ± 0.1 millimeter. En beräkning av arean vid användningen av automatiskt stopp visar att hela 95 % hamnar inom toleransen.

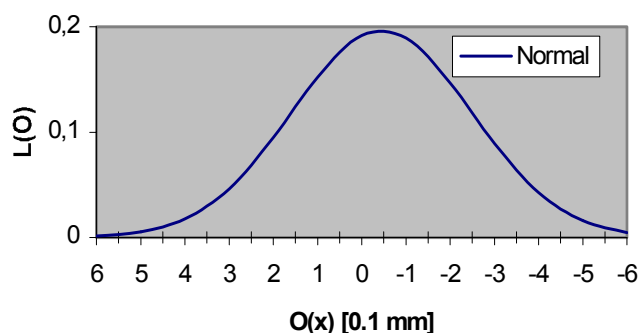


Fig. 12 Täthetsfunktion för bockning med rits

Ekvation 2 Sannolikhetsfunktion vid bockning.

$$f(x, \mu, \sigma) = \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\left(\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)}$$

5.3 Driftsäkerhet

Ofta väljs funktioner såsom tillgänglighet och felsökning bort med argumentet ”det är för dyrt”. Ett sådant synsätt kan ge oanade konsekvenser och för att förtydliga detta kan ett exempel nämnas. En fabrik väljer bort redundans av tryckluft till sin tillverkningsavdelning, med argumentet att en extra kompressor är för dyr. Vid ett haveri kommer då i stället hela tillverkningen stå stilla, med ekonomiska förluster långt större än en extra kompressor.

Ett liknande resonemang kan föras vid valet av olika fältbussar. Visserligen undersöktes framför allt möjligheten till enkel felsökning, och inte parallella kablar, för att reducera stopptiden vid kabelbrott eller givarfel. Nu beror en produkts driftsäkerhet inte bara på funktionssäkerheten utan även underhållsmässigheten. Det betyder alltså att produkten lätt och billigt kan underhållas vid maskinfel med förutsättning att reservdelar och resurser finns på plats.

Eftersom tillgängligheten beror på hur lång period maskinen är trasig använder man enligt [3] ofta den asymptotiska tillgängligheten som mått vid jämförelser.

Ekvation 3 Asymptotiska tillgängligheten.

$$A_0 = \frac{MTBM}{MTBM * MDT}$$

MTBM står för *Mean Time Between Maintenance*, genomsnittliga tiden mellan underhåll. MDT står för *Mean Down Time*, genomsnittliga tidsperioden som systemet inte fungerar.

En jämförelse mellan nya och gamla konstruktionen kommer inte att göras eftersom den endast skulle bygga på kvalificerade gissningar på MTBM och MDT. Men som exempel kan nämnas att en felsökning på gamla styrsystemet kräver en genomgång av alla givare och kablar, medan det nya styrsystemet klart och tydligt redovisar kabelbrott och givarfel direkt på skärmen.

5.4 Ställtid

För att illustrera ställtiden för de tre olika arbetssätten har tiden ritats mot antalet bockningar i figur 13. Ställtiden för det gamla stoppet består i montage och kalibrering mot kniven. Den genomsnittliga tiden för momenten har klockats till 120 sekunder vid en bockning. Således är ställtiden omvänt proportionell mot antalet bockar. Det samma gäller användandet av det nya automatiska stoppet, men med skillnad att maximal ställtid är 13 sekunder. Den totala ställtiden för metoden när ritsning används är direkt proportionell mot bockantalet och stiger mot oändligheten med bockantalet.

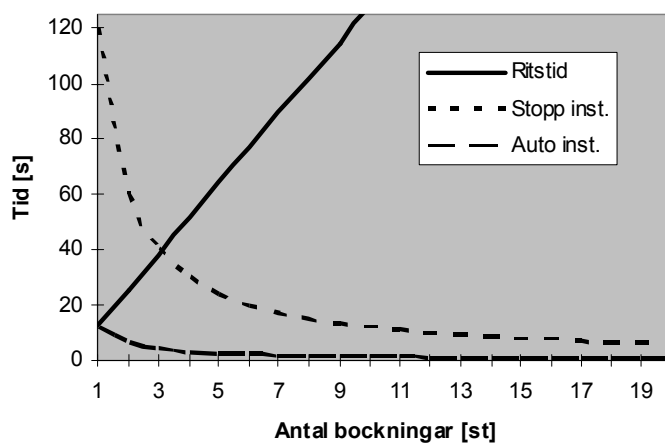


Fig. 13 Genomsnittliga ställtiden per bockning.

6 Investeringsbedömning

För att överleva dagens hårda konkurrens måste företagen specialisera sig. Detta sker ofta genom investeringar av olika slag för att höja kvaliteten och produktiviteten. Ibland gäller det att skaffa en fysisk resurs, men även immateriella resurser såsom personal eller marknadsföring är vanliga investeringar. Oavsätt investering måste vissa beslut fattas.

6.1 Beslutsmodell

Vid beslutandet mellan olika investeringsalternativ måste både positiva och negativa konsekvenser vägas mot varandra. Det vill säga att det alternativ som bäst uppfyller syfte och mål är det bästa valet. För att utföra en korrekt bedömning mellan olika investeringar behövs någon form av modell.

I en teoretiskt korrekt bedömning bör enligt [4] minst dessa steg genomföras:

- definiera problemet
- undersök eventuella investeringsalternativ och kartlägg konsekvenser
- genomför en kalkyl och analysera dess känslighet
- dra slutsatser och ge rekommendationer

6.1.1 Problemdefinition

Kvalitet och prisnivå är av högsta prioritet för att lyckas ta markandelar. Det övergripande målet med investeringen är att höja effektiviteten, det vill säga öka produktivitet och kvalitet. Produktiviteten påverkas bland annat av olika ställtider medan kvaliteten huvudsakligen styrs av tillverkningsstoleransen.

6.1.2 Investeringsalternativ och konsekvenser

Det finns två möjliga investeringsalternativ:

- Modernisering av kantpress
- Nyinköp av modern kantpress [8] i form av leasing

De konsekvenser som påverkar alternativen är snarlika på flera punkter. Likheter är höjd produktivitet och kvalitet, men i olika omfattning. Skillnaden mellan valmöjligheterna är helt enkelt investeringsformen. Vid en eventuell modernisering finns en stor grundinvestering i början på första året, medan leasingkostnaden sprids ut över en femårsperiod. Sista året på leasingen måste dock kantpressen köpas loss för tio procent av investeringsvärdet.

Eftersom båda alternativen uppfyller kravspecifikationens toleransnivå i alla avseenden tas parametrarna inte med i bedömningen. Produktiviteten mellan alternativen har däremot flera skillnader. Några av dessa måste tyvärr åsidosättas i jämförelsen och endast tiden för stoppställningen kommer att utvärderas.

6.1.3 Kalkyl och känslighet

Den kalkylmetod som kommer att användas kallas Pay-Off-metoden. Precis som modellens namn visar går den ut på att det investeringsalternativ som har kortast återbetalningstid är lönsammast. För att kunna utföra beräkningsmodellen måste flera antaganden göras. Den ideala modellen påverkas förstas av alla faktorer som inverkar på företagets lönsamhet. Många av dessa har försumrats medan andra har tagits med.

De variabler som antagits är:

- Kalkylräntan beräknas vara 6,5 %
- Restvärde antas vara 10 %.
- Leasingkostnaden per månad 5398 kr
- Leasing av kantpress på fem år.
- Interna produktionskostanden antas vara 330 kr/timme.
- Beläggning på kantpress anses vara cirka 200 bockningar/dag.
- Genomsnittlig seriestorlek antas vara 4 bockar.

Som vi ser i figur 14 har den moderniserade kantpressen överläggt kortast återbetalningstid. Redan efter två år har den betalat tillbaka investeringen och börjat generera likvida medel. Det samma gäller i och för sig även den nyinköpta kantpressen, men då har den endast betalat tillbaka leasingkostnaden för det året. Efter fem år ser vi att den moderniserade kantpressen har varit det bästa investeringsalternativt då den ligger på plus och leasingmaskinen ligger på minus. Anledningen att leasingmaskinen slutligen hamnar på minus är att företaget måste lösa maskinen för restvärdet vilket motsvarar 29500 kronor.

Med en kortsiktig beräkning skulle man kanske luras av detta resultat. Men genom att rita de följande fem åren ser man att trenden av investeringen går mot ett annat svar. I figur 15 är de fem följande åren inritade. Visserligen har den moderniserade kantpressen fortfarande ett rejält försprång, men den nyinköpta kommer med tiden att passera. Med den här beläggningen kommer det alltså ta över 10 år för en ny kantpress att generera mer likvida medel än en kantpress från 60-talet.

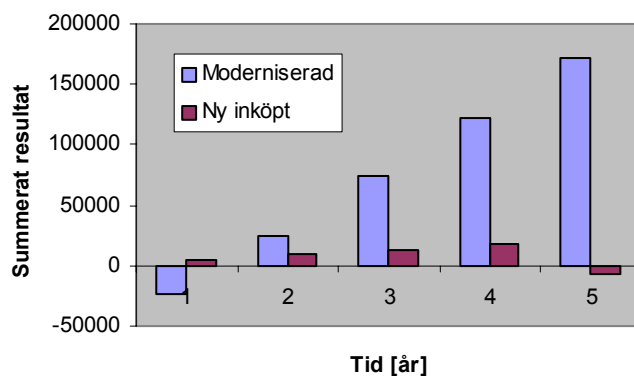


Fig. 14 Summerat resultat under första fem åren för två olika kantpressar.

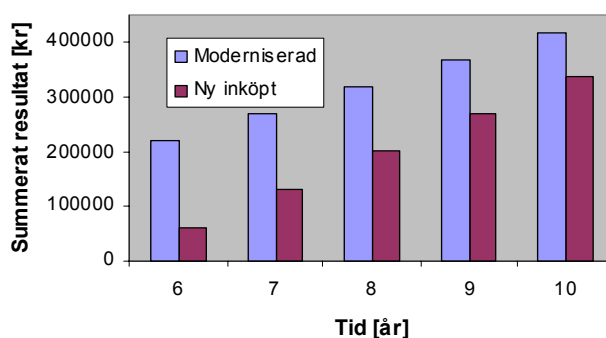


Fig. 15 Summerat resultat under år 6-10 för två olika kantpressar.

Det bör dock understrykas att hypotesen innehåller antaganden som påverkar resultatet. Några av dessa har bättre grund än andra, men för att ge analysen ett djupare perspektiv bör resultatet analyseras då det känsligaste antagandet varierar. Detta kallas känslighetsanalys.

Det får alltså inte glömmas bort att beläggningsgraden har en betydande inverkan på investeringens resultat. Den naturliga frågan är då: vid vilken beläggning är det lönsamt att investera i en ny kantpress? I figur 16 hålls alla antagna variabler konstanta medan beläggningsgraden varierar mellan 400 och 2000 bockningar. Vi ser då att det krävs över 800 bockningar per dag för att det skall löna sig inom fem år med en ny kantpress.

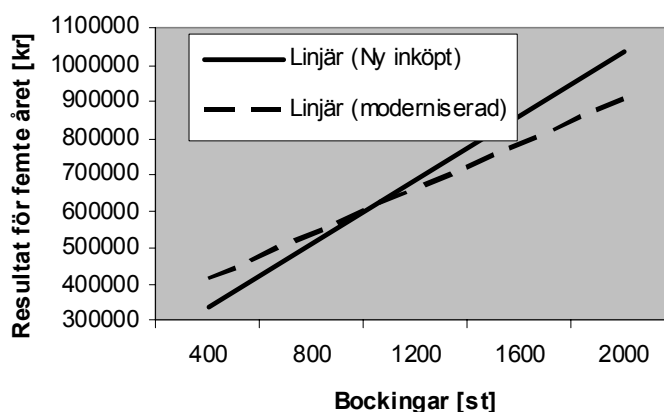


Fig. 16 Summerat resultat till femte året för två kantpressar.

6.1.4 Slutsatser och rekommendationer

Sammanfattningsvis kan konstateras att beläggningsgraden är för låg för att det skall vara lönsamt att investera i en ny kantpress. Den största bidragande faktorn till en effektiv investering är alltså i detta fall beläggningsgraden, medan det är produktiviteten i moderniseringsfallet. Även de produktionstekniska aspekterna talar för att en modernisering ger en tillfredställande effektivitetshöjning. Genom att beräkna effektiviteten med ekvation 1 kan en värdering av de tre olika kantpressarna göras. Men det går även enligt [7] att beräkna effektivitet per krona, vilket ibland kan ge ett annat perspektiv på bedömningen, se tabell 2 kolumn fem. Det krävs dock ett par definitioner för att kunna genomföra kalkyleringarna. Vi antar att:

- Produktivitet definieras som bockningar/timme.
- Kvalitet definieras som procent bockningar inom kravspecifikation.

	Produktivitet	Kvalitet	Effektivitet	Effektivitet/krona
Gammal	180	0,34	61	-
Moderniserad	257	0,95	244	0,0034
Nyinköpt	686	1	686	0,0023

Tabell 2 Jämförelse mellan tre olika kantpressar.

Vi ser att den nya kantpressen är effektivast, vilket förstås inte är så konstigt. Kolumn fem visar dock att den moderniserade kantpressen är effektivast per krona. Det bör emellertid nämnas att effektiviteten i den moderniserade kantpressen begränsas av knivhastigheten. Detta går givetvis att förbättra vilket skulle ge ännu större effektivitet per krona.

7 Analys

Det är alltid svårt att förbättra en färdig konstruktion, vilket klart och tydligt visar sig i resultatet. Skulle konstruktionen ha gjorts från början hade till exempel infästningspunkter för stoppen i kantpressen kunnat appliceras från början. I avsaknad av sådana står stoppet i stället fastbultat i golvet vilket, ger onödigt långa hävarmar med svikt som resultat.

Kravspecifikationen är kanske inte perfekt genomtänkt men har accepterats av uppdragsgivaren. Samtliga konstruktions och människa-maskinkrav är uppfyllda enligt kravspecifikationen, se Bilaga 4. Maskinen har dessutom tillförts ytterligare flexibilitet genom till exempel förbättrad precision och större slaglängd. De enda krav som var svårt att genomföra var konstruktionskravet på slaglängden i Y-led. Problemet var att konstruktionen blev skrymmande för att erhålla god styvhet och stabilitet, vilket krävde lång konstruktionstid för att lösa. Två av funktionskraven har dock inte uppfyllts på grund av tidsbrist. Dessa är:

- Styrsystemet bör informera operatören när stoppen är positionerade.
- Styrsystemet bör informera operatören när plåten är på plats.

Naturligtvis är det förberett att implementera dessa funktioner på kantpressen och uppskattningsvis bör detta ta cirka två veckor att utföra. Ett problem som har uppstått är dock att personal hela tiden använder stoppen. Detta är i och för sig positivt!

Den statistiska delen i examensarbetet bygger på stora mängder provdata. För att ytterligare förbättra slutresultatet bör dock ett ännu bredare beslutsunderlag användas. Testresultaten förbättras förstås om fler och noggrannare provbockningar utförts, men troligen marginellt mot den insats som krävs för att komplettera informationen.

Vid granskning av tabell 2 finns en risk att man luras att den moderniserade kantpressen inte positionerar anslaget rätt. Men detta resultat kommer från ett oundvikligt mätfel som uppkommer om grader på plåten inte har tagits bort.

Om vi går vidare och tittar på den totala projektkostnaden så ser vi i investeringsbedömningen att den hamnade på 72620 kronor. Detta är direkta materialkostnader och ingen arbetskostnad är inräknad. Genom att använda färdiga paketlösningar skulle slutresultatet ha kunnat förbättras, men då skulle den totala projektkostnaden ha stigit avsevärt.

8 Slutsats

Genom att automatisera och bygga om det bakre anhållet har produktiviteten och kvalitén avsevärt höjts, men även ett positivt lyft medföljde hos företagets personal. Tidigare användes bara i enstaka fall orginalstoppet, vilket är helt mekaniskt, med tunga lyft och långa ställtider som konsekvenser.

Vid stora konstruktioner kan ett två-dimensionellt ritverktyg, AutoCAD 2000i, förenkla arbetet betydligt då flertalet av underleverantörer har färdiga komponentritningar. Genom att strukturera konstruktionen i ett materialproduktionssystem beräknas då materialåtgång, inköp och tidskalkylering per automatik.

Vidare har slutsatsen dragits att konstruktioner som används vid precisionsarbeten bör utnyttja förspända lager för att erhålla god tolerans. En annan möjlighet är, vilket ibland är att rekommendera, att mäta absolutpositionen efter lagerglapp och spel.

9 Ordlista

ASi	Acuator-Sensor-Interface. Lägsta typen av fältbuss.
CANopen	Fältbus som bygger på seriell dataöverföring.
PLC	Programmable logic controllers.
kniv	Kantpressens övre verktyg. Kan ha olika former.
dyna	Kantpressens undre verktyg. Kan ha olika former.
ställtid	Tid att ställa in maskinen för användning.
anhåll	Stopp för att positionera plåten mellan kniv och dyna.

10 Referensförteckning

- [1] E W Jarfors, Anders (1999). Tillverkningssteknologi. Studentlitteratur. ISBN 91-44-01408-2.
- [2] Arvidsson, Göran (1988). Kvalitet och kostnader i offentlig tjänsteproduktion. ESO. Ds1988:60.
- [3] Bergman, Bo et.al (1991). Kvalitet. Från behov till användning. Studentlitteratur. ISBN 91-44-33411-7.
- [4] Ljung, Birger et.al (1988). Investeringsbedömning. En introduktion. Liber. ISBN 91-38-61816-8.
- [5] Kriesel, Werner R et.al (1999) AS-Interface. The Actuator-Sensor-Interface for Automation. Hanser. ISBN 3-446-21065-2.
- [6] Glad, Torkel et.al (1989). Reglerteknik. Grundläggande teori. Studentlitteratur. ISBN 91-44-17892-1.
- [7] Olsson, Jan et.al (1993). Företags ekonomi 99. Liber Ekonomi. ISBN 91-47-04159-5.
- [8] www.edstromsmaskin.se

11 Bilaga 1, Provbockningar

	Tidsåtgång	Ställtid	Antal bockningar	Bockningstid	Ställtid ₁ /Ställtid ₂	Ritningsmått	Resultat
Gammal kantpress	40	4	1	36	4 ₂	21,5	21,3
	33	11	1	22	11 ₂	26,5	26,3
	55	14	2	20,5	7 ₂	16,5	16,6
	162	35	10	12,7	3,5 ₂	26,5	26,7
							27,2
							26,6
							27,0
							26,7
							26,1
							26,6
							26,7
							26,2
							26,7
	95	20	6	12,5	3,3 ₂	18,5	19,2
							18,5
							18,2
						18,3	
						18,3	
						18,3	
						18,4	
Moderniserad kantpress	4	1	1	3	1 ₁	18,5	18,6
	5	1	1	4	1 ₁	18,5	18,6
	55	8	4	11,8	2 ₁	20,3	20,4
							20,4
							20,4
							20,4
	22	4	1	18	4 ₁	22,3	22,4
	17	7	1	10	7 ₁	16,3	16,4
	19	5	1	14	5 ₁	36,5	36,6
	16	8	1	8	8 ₁	35,0	35,1

Tabelldefinitioner

Tidsåtgång = total tid för bockningar [s]

Antal bockningar = antal bockningar [st]

Bockningstid = genomsnittlig bockningstid [s/st]

Ställtid₁ = genomsnittlig inställningstid av mekanisktstopp [s/st]

Ställtid₂ = genomsnittlig ritstid av plåt [s/st]

Ritningsmått= utsatt bockningsmått på ritning [mm]

Resultat= slutgiltigt bockningsresultat [mm]

12 Bilaga 2, Kostnader för konstruktion

	Detalj		Antal	Pris		Leverantör
Tillverkade	Övre gavel för släde	Ex1019	2	200	400	Stockholms Vattenskärning AB
	Främre gavel för släde	Ex1020	2	200	400	Stockholms Vattenskärning AB
	Bakre gavel för släde	Ex1021	2	200	400	Stockholms Vattenskärning AB
	Undre gavel för släde	Ex1017	2	200	400	Stockholms Vattenskärning AB
	Motorfäste	EX1022	2	3,2	6,4	ROTAB
	Infästningsdel	EX1018	8	10	80	Stockholms Vattenskärning AB
	Stativ	EX1000	2	400	800	ROTAB
	Encoderplåt	EX1003	1	3,2	3,2	ROTAB
	Kuggremsfäste	EX1008	4	3,2	12,8	ROTAB
	Givarplåt	EX1013	1	3,2	3,2	ROTAB
	Fäste för ställskruv	EX1014	2	6	12	ROTAB
	Kuggremsfäste	EX1027	2	3,2	6,4	ROTAB
	Skenstöd	Ex1001	1	487,5	487,5	ROTAB
	Skenstöd	Ex1002	1	487,5	487,5	ROTAB
	Motorfäste	EX1005	2	3,6	7,2	ROTAB
	Distansgavel	EX1006	4	3	12	ROTAB
	Kabelränna	EX1007	1	160	160	ROTAB
	Kuggstång	EX1011	2	1530	3060	ROTAB
	Kuggstång	EX1012	0,4	1530	612	ROTAB
Liten gavel	EX1015	2	400	800	Stockholms Vattenskärning AB	
Stor gavel	EX1016	2	800	1600	Stockholms Vattenskärning AB	
Inköpta	Kabelkedja	984020	12	400	4800	Damaskus AB
	Vagn	L1651-314-20	4	767	3068	Bosch Rexroth
	Vagn	L1665-314-20	10	638	6380	Bosch Rexroth
	Skenstyrning	L1607-304-31	6	1512	9072	Bosch Rexroth
	Encoder	LROD430-500	2	2050	4100	Heidenhain AB
	DC motor 90W	L119777	2	1505	3010	Stork
	Servoförstärkare	L145391	2	1982	3964	Stork
	Planetväxel	L203119	2	1446	2892	Stork
	Encoder	L110514	2	1410	2820	Stork
	PLC Easy 822-DC-TCX	E4515092	4	1230	4920	Moeller Electric
	Flänslager	UFL000D10	4	49	196	Jacking AB
	Flänslager	UFL004D20	6	42	252	Jacking AB
	Induktiv givare	LIW5058	8	139	1112	IFM Electronic
	Encoder	LROD430-2000	1	2050	2050	Heidenhain
	Plastkapslingar	E2533544	2	92	184	Malmbergs AB
	Kugghjul	L30030-S30	4	500	2000	Mekanex AB
	Encoder	LROD430-1000	1	2050	2050	Heidenhain AB
	Dator IBM	-	1	9200	9200	Dustin
	AC motor 180W	B14-MT63B4	2	400	800	ABB ATLVMOTORS
			SUMMA	72620		

13 Bilaga 3, Balkkrökning

X-kordinat	Börvärde	Ärvärde	Feltolerans
2715	31,50	31,7	0,2
2635	31,50	31,72	0,22
2555	31,50	31,62	0,12
2475	31,50	31,67	0,17
2395	31,50	31,85	0,35
2315	31,50	31,97	0,47
2235	31,50	32,39	0,89
2155	31,50	32,46	0,95
2075	31,50	32,45	0,94
1995	31,50	32,53	1,03
1915	31,50	32,41	0,91
1835	31,50	32,29	0,79
1755	31,50	32,28	0,78
1675	31,50	32,25	0,75
1595	31,50	32,29	0,79
1515	31,50	32,56	1,06
1435	31,50	32,54	1,04
1355	31,50	32,47	0,93
1275	31,50	32,31	0,81
1195	31,50	32,24	0,74
1115	31,50	32,04	0,54
1035	31,50	32,18	0,68
955	31,50	32,25	0,75
875	31,50	32,42	0,92
795	31,50	32,44	0,94
715	31,50	32,51	1,01
635	31,50	32,10	0,6
555	31,50	32,29	0,79
475	31,50	32,43	0,93
395	31,50	32,43	0,93
315	31,50	32,38	0,88
235	31,50	32,44	0,94
155	31,50	32,32	0,82
75	31,50	32,60	1,1
0	31,50	32,51	1,01

14 Bilaga 4, Testresultat

		Krav	Resultat	Anmärkning
Mekanik	Funktion	Anslaget skall kunna positioneras individuellt i X-led.	Uppfyllt	
		Anslaget skall röra sig parallellt i Y-led.	Uppfyllt	
		Anslaget skall röra sig parallellt i Z-led.	Uppfyllt	
		Anslaget skall kunna ställa in sig för olika höjd på dynan.	Uppfyllt	
		Anslaget skall klara olika plåttjocklekar.	Uppfyllt	
	Konstruktion	Konstruktionen skall kunna absorbera den rörelseenergi som största standardplåten orsakar vid manuell hantering.	Uppfyllt	
		Slaglängden skall minst vara 2500 mm i X-led.	Uppfyllt	Verklig slaglängd är 2715 mm.
		Stoppens minsta mellanrum skall vara 50 mm i X-led.	Uppfyllt	Verkligt avstånd är 20 mm.
		Stoppen skall positioneras med en tolerans på ± 5 mm i X-led.	Uppfyllt	Verklig tolerans är $\pm 0,5$ mm.
		Tiden för positionering skall vara $T_{\max}=20$ sekunder i X-led.	Uppfyllt	Verklig maxtid är 19 sekunder.
		Slaglängden skall vara minst 600 mm i Y-led.	Uppfyllt	Verklig slaglängd är 610 mm.
		Stoppens minsta avstånd från kniven skall vara max 8 mm i Y-led.	Uppfyllt	Verkligt minsta avstånd är 1 mm.
		Stoppen skall positioneras med en tolerans på ± 0.1 mm i Y-led.	Uppfyllt	
		Tiden för positionering skall vara $T_{\max}=5$ sekunder i Y-led.	Uppfyllt	Verklig maxtid är 4 sekunder.
		Slaglängden skall vara 150 mm i Z-led.	Uppfyllt	Verklig slaglängd är 184 mm.
		Stoppen skall positioneras med en tolerans på ± 0.3 mm i Z-led.	Uppfyllt	
		Tiden för positionering skall vara $T_{\max}=10$ sekunder i Z-led.	Uppfyllt	Verklig maxtid är 7 sekunder.
		M-M	Den mekaniska konstruktionen bör vara lätt att kalibrera.	Uppfyllt
	Konstruktionen skall inte kunna skada användaren.		Uppfyllt	Säkerhetsdörr skyddar operatören.
	Styrssystem	Funktion	Stoppen skall inte kunna kollidera i X-led.	Uppfyllt
Konstruktionen skall inte kunna köra sönder sig själv.			Uppfyllt	
Styrsystemet bör informera operatören när stoppen är positionerade.			Ej uppfyllt	Förberett för implementering.
Konstruktion		Styrsystemet bör informera operatören när plåten är på plats.	Ej uppfyllt	Förberett för implementering.
		Styrsystemet skall vara förberett för utbyggnad av ytterligare funktioner.	Uppfyllt	Kan byggas ut med ytterligare 63 AS-interface moduler.
		Styrsystemet skall vara tillförlitligt.	Uppfyllt	AS-interface är enligt [5] tillförlitligt.
M-M		Felsökning skall vara lätt.	Uppfyllt	Kabelbrott och givarfel presenteras grafiskt på pekskärmen.
		Styrsystemet skall ställas in av operatören via en pekskärm.	Uppfyllt	15 tums färgskärm används.
		Kantpressen skall manövreras av operatören via befintligt manöverreglage.	Uppfyllt	