

(Avskrift)

PM angående bedömningar i fråga om spårets konstruktion och med angivande av de synpunkter, som kunhat läggas på fordonets inverkan på spåret.

Det har under utredningsarbetets gång kommit att stå mer och mer klart, att de belastningar som åverkar spåret i sidled relativt ofta äro av för hög och alldeles otillåten art med hänsyn till den styrka, som rälen och dess befästning har i fråga om belastningar i tvärgående, huvudsakligen horisontell riktning.

Nuvarande spår torde från början vara beräknat för huvudsakligen vertikal last, vilket anses frångå av exempelvis rälsens profil och styrkeförhållanden.

Normala kvasi-
statiska kraf-
ter i kurva

Vid gång i kurva tillkommer horisontella krafter, som uppstå genom att centrifugalkraften icke fullt kompenseras samt styrkrafter som uppträda företrädesvis å främre axlar på grund av att fordonet i kurvan skall givas en rotation kring en vertikalaxel. Vid korrekta cirkulära kurvor kunna dessa krafter benämnas kvasistatiska.

Normala för-
hållanden i
övergångskurva

När fordonet kommer in i en övergångskurva uppstår styrkrafter som ökar till dess cirkulärkurvan nåtts, motsvarande minskning av styrkrafterna erhålles i övergångskurvan vid utgång ur cirkulärkurvan. (Ett minimum av de styrkrafter, som orsakas av fordonsmassorna bör erhållas när kurvradien utformats så att den följer en kurva, som benämnas för Corny's spiral. Denna spiral har en minskande radie och är vinkelaccelerationen under gång in i och ut ur kurvan konstant. Om radien i spiralens mitt kan tillätas med hänsyn till hastigheten, borde denna kurvkonstruktion vara den idealiska). Även dessa krafter kan anses kvasistatiska och förnenas här nämnda krafter vara möjliga att fullt behärska på relativt enkelt sätt. Det vanliga spikade spåret bör med mångfaldig säkerhet kunna klara de nämnda krafterna. En mycket högre kurvhastighet å redan befintliga spår anses därför möjlig, men bör ökad rälsförhöjning lämpligen införas. Fordonen förnenas lämpligen få behålla för nuvarande materiel vanlig tyngdpunktshöjd.

Förstärkning av
rälsspiken. Sli-
perns livslängd

Några förstärkningar måste enellertid dessförinnan ske. De äro avsedda att förhindra risken att spåret förändras vid vissa väderleksförhållanden. Vid en väderlekssituation kring 0° då is uppträder mellan underläggsplatta och slipers måste spikförbandet klara de uppstående krafterna.

En beräkning av nuvarande spiktyp (15 "bred" och 16 "hög") visar att spiken med sexton mm höjd är svagare än en fuktig sliper om man antar elasticitetsgränsen för den fuktiga färska slipern vara 175 kg per cm^2 . För att spiken skall bli jämnstark med denna fuktiga sliper fordras att spikhöjden ökas till 22 mm. Det visar sig om man skär upp begagnade sliprar ned snittet i spikhålen, att formen på dessa spikhål visar en krökning ett par tre cm under slipers yta, vilket till fullo stämmer med teorin. Genom att spiken kröker sig, vilket givetvis mest uppstår vid slipers upptining under vintern med dess fastfrusna sliprar kommer spikhålet att bli större och det blir erforderligt att proppa ned en träplagg för varje gång spiken måste dras upp och spåret spikas in. Genom denna upprepade

proppning kommer slipern att spricka. Om det skulle vara så, att pliggnings av spikhålen är till nackdel genom att den tjänstgör som veke och tillför fuktighet till sliperens inre, borde detta på lämpligt sätt förhindras. Virket i pliggen är ibland sämre än hos omgivande sliper. Jag har uppfattningen att sliperens ålder i mycket hög grad bestäms av spikhålets förstöring på angivna sätt. Om man genom starkare spik eventuellt även ökning av spikarnas antal kunde få fram ett spikfäste, som tålde belastningarna och påkänningarna på både spikoch trä kunde förläggas innanför respektive elasticitetsgränser, skulle på spår som inte vore tjälskjutande egentligen intet underhåll fordras vintertid i likhet med vad som nu ibland är fallet på rakspår. När jag här talar om förstärkning avser jag att kurvorna näste göras starkare än det raka spåret liksom skett enligt äldre bedömanden.

Ett studium av bestämmelserna för klotsning jämfört med vad som sker i praktiken visar att linjepersonalens förtroende för klotsningen är stort och endast begränsas av att sliperens stöddel brister.

Framtida underhåll

Enligt föreliggande teorier skulle den framtida situationen bli ungefär som följande.

Sedan vissa fordonsförändringar genomförts, kommer de sidokrafter som nu uppstår, om den ena rälsen råkar ut för tjälskott icke vidare att uppträda på det sätt hittills varit fallet. Överhuvudtaget kommer vertikalt uppträdande krafter icke att ge upphov till horisontell kraftutbildning i en utsträckning som har någon betydelse. Sedan en viss bansträcka börjat trafikeras av enbart korrigerade fordon, kommer bansträckan att på hösten vara mycket väl i ordning genom att fordonen icke verkar **förstärkande** på det justerade spåret. När sedan banan fryser fast i det korrekta läget vid kylans inträdande, kommer efter att de höjdförskjutningar, som uppstår i samband med tjälens utbildning blivit justerade, ingenting att åverka spåret under den kalla årstiden, om man bortser från rälsbrott vid mycket stark kyla. Det torde icke vara erforderligt att ha någon annan bevakning av banan än den, som presteras från lokpersonalen enligt nuvarande preliminära order. Svårigheter kommer att kvarstå vid vartiden när tjällossningen sker, men måste då ett normalt översynsarbete inträda med ökad bevakning. Dock kommer ej heller i detta fall någon utslagning av rälsen att äga rum.

Prov i kurva

Prov i kurva i torrt väder har visat att någon sidoförskjutning av rälsfoten ej sker och att således några krafter som påverka spikfästet normalt icke uppstår om fordonet har en korrekt gång. Tydligen uppstår icke några krafter utöver den, som upptages av friktionen mellan underläggsplatta och sliper. Teoretiskt skulle med andra ord spiken normalt endast ha till uppgift att förhindra den obelastade rälsen att flytta sig och skulle när fordonet rullar över, rälsen därigenom bli stabiliserad.

Fordons- och rälsstabilitet

En stabilitetsberäkning visar att med nuvarande rälsförhöjning välter fordon genom centrifugalkraftens inverkan i en 600-meterskurva vid en hastighet av cirka 190 km/tim.

och något liknande gäller rälsens vältning. Här finnes tydligen en god säkerhetsmarginal. Risken för att hjulön kliver upp minskar när fordonen erhåller ökad tyngdpunktshöjd enligt vad som visats av byrådirektör Schäder.

Onormala krafter i spåret

Det har på olika sätt kunnat påvisas, att mycket stora sidokrafter uppstå i spåret, vilka bero på att vissa fordon kan påvisas ha tendens till att svänga i sidled och kan de uppstående svängningarnas inverkan vidare med säkerhet antagas vara influerad av vilka fordon som äro gående intill varandra. I och med att dessa mycket stora krafter ofta äro de förhärskande, kommer förutsättningarna för nedan angivna förslag att uppstå, emedan jag har grundad anledning antaga att åtgärder komma att vidtagas i riktning att borttaga/effektivt minska de onormala krafterna.

Tillåten hastighet med hänsyn till rälsvikt och slipersovstånd

Det bör därför redan nu vara angeläget att förbereda en omräkning av gällande hastighets- och hjultrycksbestämmelser, med hänsyn till att en mycket stor del av nuvarande påkänningar i horisontell led kommer att bortfalla. Den formel som f.n. gäller har en egendomlig utformning beträffande nämnaren, vilken redan tidigare kritiserats i en artikel i ASEA:s skrift "Nyare svenska enfaslokomotiv".

Jag vill alltså här yrka på att med hänsyn till att spåret uppgives skola i allmänhet tåla de fordon, som rulla å det-samma en ökad hastighet eller/och ökat axeltryck i sinom tid bör kunna medgivas, sedan sidokrafterna blivit reducerade till en bråkdelen av nuvarande och vidare i den mån de uppträda blivit bundna till bestämda punkter i spåret. Den verkliga rälspekänningen måste bli mycket lägre än för närvarande är förhållandet.

Nuvarande spårkonstruktion. Framtidsbedömning

Det är vidare min uppfattning att någon principiell ändring av nuvarande spårkonstruktion icke är påkallad. Jag skulle snarare vilja anse att nuvarande spårkonstruktion med träsliper, spik och liknande underläggsplatta är den enligt min åsikt i alla avseenden mest ändamålsenliga med hänsyn till kostnader, dämpning och underhåll. Jag ~~vill~~ anta att nuvarande livslängd hos sliparna i och med det angivna bör kunna ökas avsevärt genom att spikhålsförslitningen och även åtföljande spräckning av sliparna bortfaller. Man kanske kunde låta slipern ligga kvar till dess förruttnelsen i ändarna sätter en gräns? Fordonsändringen gör en makadamisering onödig ur dämpningssynpunkt. Om det däremot är så att risk för uppfrysningar föreligger är givetvis en dränering av banan genom makadamfyllning mycket ändamålsenlig. I övrigt föreslås makadamiseringen bedömas ur ekonomiska synpunkter, samt betongsliprar dessutom ur dämpningssynpunkt.

Kvasistatisk acceleration

Det blir här tyvärr nödvändigt att tillföra vissa teoretiska bedömningar, och har jag härvid valt en kurva med 600 meters radie och med en antägen 67 procents kompensation av centrifugalkraften i ungefärlig överskottsmått med gällande bestämmelser.

En grafisk framställning enligt fig. II:1 över förhållandena i detta fall visar att de kvasistatiska accelerationerna - om man bortser från styrkrafter genom friktionen mellan hjul och

räls - passerar 0-linjen vid cirka 73 km hast. Vid 90 km har man en acceleration riktad utåt av $0,34 \text{ m/sek}^2$. Denna acceleration bör för viss hastighet vid en teoretisk, radie-riktig spårkurva vara konstant.

Dynamisk acceleration

Även om detta i verkligheten icke kan helt uppnås, har jag med utgångspunkter från denna förutsättning ritat upp kurva fig II:2. Ovanpå (kanske felaktigt om kvasistatisk acceleration och dynamisk ej inträffa samtidigt, men betydelselöst med hänsyn till respektive accelerations storleksordning) den kvasistatiska accelerationen $0,34$ har med rätt inlagts den dynamiska (sinusformade?) acceleration som uppnåtts vid ett verkställt prov. Accelerationskurvan är grundad på verklig mätning i vad beträffar skillnaden mellan maximi- och minivärdena, som motsvarande en acceleration av $3,6 \text{ m/sek}^2$. Som synes uppgår maximi accelerationen till nära 4 m/sek^2 i riktning mot spårets ytterräls och cirka $3,2 \text{ m/sek}^2$ i riktning mot spårets innerräls. Den genomsnittliga acceleration utåt verkande under halva perioden uppgår till $2,5 \text{ m/sek}^2$ och den motsvarande acceleration inåt på den andra halvperioden uppgår till $2,1 \text{ m/sek}^2$. En integrering av accelerationerna under en period (accelerationerna tagna med sina respektive tecken) bör som medelvärde ge den kvasistatiska accelerationen $= 0,34$, vilket dock icke betyder att utslagningsimpulserna försvunnit. En överföring av de maximalaccelerationer som visas i fig II:2 till fig II:1 visar att en kvasistatisk acceleration 4 m/sek^2 uppnås vid en hastighet som ligger högre än 160 km. En acceleration, som har medelvärdet under positiva halvperioden $2,5 \text{ m/sek}^2$ uppstår vid cirka 158 km hastighet. Accelerationens medelvärde är cirka 7 gånger större än den icke balanseerade centrifugalkraften och max-värdet är cirka 12 gånger större än nämnda kraft.

Kraftutbildning

Produkten av värdet på accelerationen och med denna acceleration svängande massa ger den motsvarande kraft, som finnes bunden till systemet och dess upplagspunkter. Man kan sedan fördela

krafterna på de olika hjulen. Jag skall icke här gå in på detta i detalj, men vill jag dock nämna, att den här angivna accelerationen uppnåtts å Ma-lokets korg i bakre änden. Med hänsyn till de svängningsvägar, som kan bestämmas ur accelerationskurvan kan vidare konstateras att boggien måste till en viss del svänga med motsvarande acceleration, med hänsyn till att den "fria" rörelsen mellan boggi och korg begränsas till $\pm 12 \text{ mm}$. De massor som deltagar i svängningen äro följaktligen av storleksordningen halva lokvikten.

Krafterna äro vid en viss tidpunkt riktade mot rälsens yttersträng och ha vid en tidpunkt $0,4$ sekunder senare maximum mot rälsens innersträng. Detta betyder att maxima vid 90 km hastighet ligga förskjutna cirka 10 meter från varandra i spårets längdriktning.

Sidoacceleration å F o Ra lok

Det har meddelats från Mbr att liknande sidoaccelerationer har uppnåtts även på lok litt F och Ra och har detta kanske ansetts vara någon sorts ursäkt för andra loks uppförande. När det nu är så att F- och Ra-loken bära sig åt på detta sätt bör detta i stället - vågar jag förutsätta - medföra att även dessa lok blir förenål för ändringar, vilka åtminstone för F-lokens del förmenas vara av litet kostnadskrävande art.

Normala styr-
krafter

Som jag sökt påvisa i det tidigare, finns vid icke svängande fordon endast små krafter i spårets sidoriiktning. De ställen där större krafter uppträda är i kurvorna. Här tillkommer vidare styrkrafter som företrädesvis verka å fordonens - i synnerhet lokens - främre yttre hjul. Storleken av dessa styrkrafter är varierande, men böra desamma efter i synnerhet de tyngre fordonens dämpning kunna bestännas till sin storlek om så skulle bedömas erforderligt. I varje fall förenås dylika krafter av betydelse endast åverka yttersträngen i kurvor. Därför borde lösningen på frågan vara att tillse att ytterrälsens festsättning förstärkes så, att den motsvarande den vid respektive kurvradie genom styrkrafterna ökade kraftutbildningen och skulle denna ändring medgiva att ökade hastigheter finge användas även i kurvorna.

Fig II:3 avser endast att visa prov på normala påkänningar å yttre rälsen i en kurva från axlar I o III å III lok. Enligt nyare teorier är styrkrafterna onvänt proportionella mot kurvradien vid konstant hastighet. Ett spår med 600 m radie skall alltså med hänsyn till styrkraften vara dubbelt så starkt som ett med 1200 m radie. (Vid viss minsta gränsradie, som är olika för olika fordon och olika sidospel mellan hjul och räls övergår friktionen till att bli konstant och äldre teorier gälla).

Fig II:4 söker visa förhållandena vid variabel hastighet i en 600 m kurva med 67 % kompensation av centrifugalkraften vid 90 km hastighet.

Fig II:5 anger motsvarande krafter vid gång i kurvan med 1200 m radie.

Onormala styr-
krafter

För den händelse spåret är perfekt och fordonet icke svänger är styrkrafterna att anse som kvasistatiska. För den händelse fordonet svänger måste styrkraft och övriga kvasistatiska krafter tillföras fordonen i form av impulser eller impulsmoment. Ifrågavarande styrkraftmoment ersättes alltså av ett antal impulsmoment som vrida fordonet längs kurvan. Integralen över krafterna längs vägen är naturligtvis den statiska kraftens motsvarighet. Om impulserna blir korttidiga och mellanrummen långa måste impulsens krafter i stället bli mycket större. Går det sedan så långt att dessa impulskrafter kastar över fordonet till spårets andra sida och således ger upphov till från andra skenan motriktade impulser blir naturligtvis resultatet olämpligt. Sifferexpletts impuls från spårets ena sida som 0,4 sekunder därefter kanske ger upphov till en motriktad impuls från spårets andra sida motsvarar trots impulsernas storlek en effekt av endast ett fåtal hästkrafter.

Hållfasthetsbe-
räkning utan
och med hänsyn
till formför-
ändring

En hållfasthetsberäkning kan i allmänhet ske utan att hänsyn toges till de formförändringar som uppstår när belastningen pålägges. Det finns dock ofta fall där ett dylikt beräknings-sätt kan ge alldeles felaktiga resultat. Även om olika delar av ett belastat system ha samma styrka, fördelas dock krafterna icke likformigt, om den ena delen tar upp full kraft vid en liten förskjutning och den andra delen vid en större förskjutning. I ett sådant fall kan man få felaktiga resultat.

Man kan t ex tänka sig belasta ett par spiralfjädrar av identiskt lika material och med likadan styrka men med olika längd. Vid samma förlängning å båda fjädrarna kommer belastningsfördelningen att bli sådan att den kortare fjädern tar upp större del av lasten än den längre. Min uppfattning är att förestående bedömning mycket väl kan vara aktuell för de prov, som gjorts beträffande sidokrafter på lok i Järna och dessa av bl a dessa skäl blivit större än vad "lösare" mät-punkter skulle visat. Mycket tyder även på att en del mätningar som utförts i franska statsbanornas regi har kommit att bli felbedömda av precis samma skäl.

Spårkonstruktion i framtiden Jag skulle till banavdelningens ansvariga vilja ställa följande fråga:

Kan det med hänsyn till att impulser av nämnd storleksordning är - kommer att bli - relativt sällan förekommande vara principiellt försvarbart ur teknisk eller ekonomisk synpunkt att bygga ett spår som är jänstarkt?

Exempel på vad Min uppfattning är att SJ inte har något som helst bruk för svängningar av den observerade typen i spåren, och bör med hänsyn här till snabbast möjliga åtgärder vidtagas att ta bort ifrågavarande n/sek innebär svängningar. Jag vill skissera en möjlighet att på enklaste sätt få fram ett påtagligt exempel på vad acceleration $4 n/sek^2$ innebär. Det är nämligen möjligt att på vägbana med sträv fast makadanbeläggning styra en bil längs en kurva, som ger upphov till sidaccelerationen på $4 n/sek^2$ enklast genom att svänga mellan två parallella linjer på lämpligt avstånd och vid viss hastighet. Jag vill tro att experimentet kan vara förenat med avsevärd risk för t ex däckskador. Hjulen måste nämligen vid maximalacceleration vara vridna cirka 7 grader mer än som motsvarar deras teoretiska rotationsriktning för att de ska kunna ta upp de uppstående sidkrafterna. Om man för att ge ett exempel kör en bil med 90 km hastighet på sträv makadanbana med sådana ratt rörelser, att framvagnen pendlar mellan två linjer på 13 cm avstånd och tiden för rörelsen från den ena sidan till den andra är 0,4 sek, erhåller framvagnen en sidacceleration av $4 n/sek^2$ i ytterlägena. Att det provet blir en sensation är jag övertygad om.

Sammanfattning Samordnat med justering av rullande materielen bör enligt det ovan anförda följande ändringar vidtagas inom banavdelningens område.

- A. Ytterskenan i kurvan fixeras tillförlitligt till slipern, varvid styrkan i förbindningen bör öka när kurvradien minskar. Innerskenan fastsättes på lämpligt sätt vid dess yttersida (t.ex. rälsbefästningen "fist" för innersträngen), så att en eventuell impuls ej kan returneras mot yttersträng utan att dämpning äger rum.
- B. Hastighetsformeln onarbetas för medgivande av höjda hastigheter.
- C. Rälsspikens profil ändras.

Östersund i juli 1957

Erland F Orre

Fig II:1 - 5

se A 38