

Inledning

En risk med litiumjon-batterier, och andra liknande batterityper, är att de kan börja brinna. Nyckelfelet, eller grundorsaken till att ett batterihaveri uppstår är att batteriet blir utsatt för en temperaturökning som ligger över den gräns som batteriet mår bra av rent kemiskt. Det i sin tur kan leda till en termisk rusning med en efterföljande brand. Temperaturökning i litiumjon-batterier kan orsakas av till exempel en extern eller intern kortslutning, överladdning/underladdning, överlast eller extern upphettning. När batterier utsätts för någon av dessa faktorer kan brand uppstå eller så kan de giftiga gaserna ventileras ut i rummet alternativt kan det uppstå en gasexplosion.

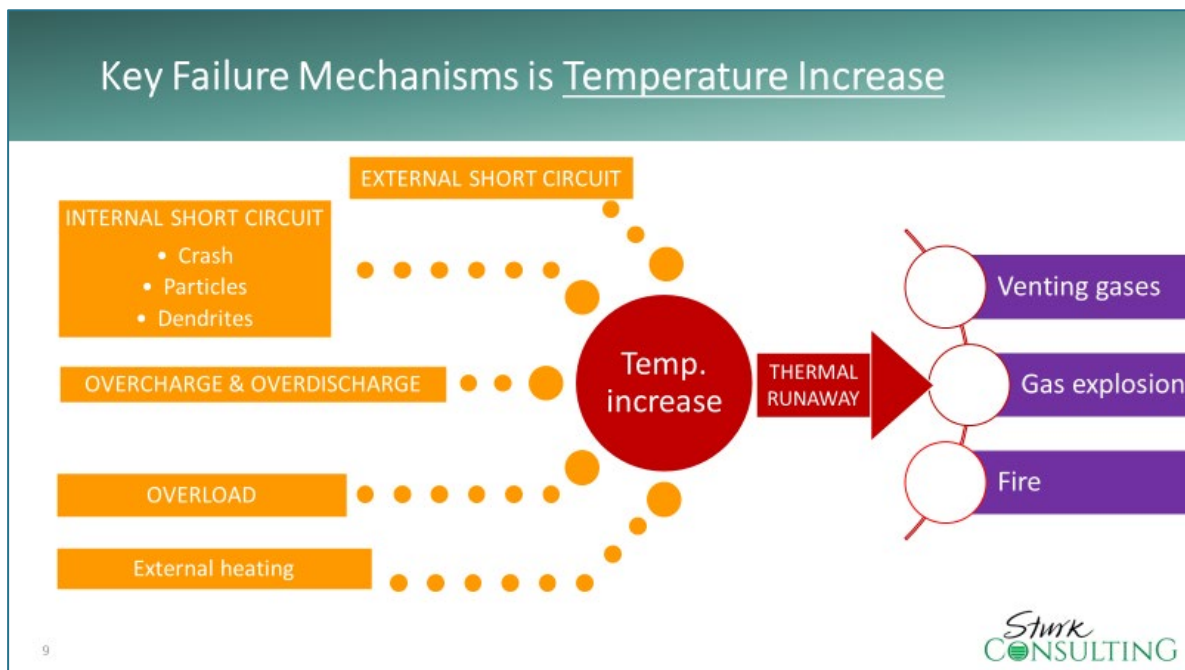


Bild 1-Beskrivning av vad som kan orsaka att en termisk rusning uppstår och vad konsekvensen kan bli

Risk Assessment – Simplified Failure Tree Analysis

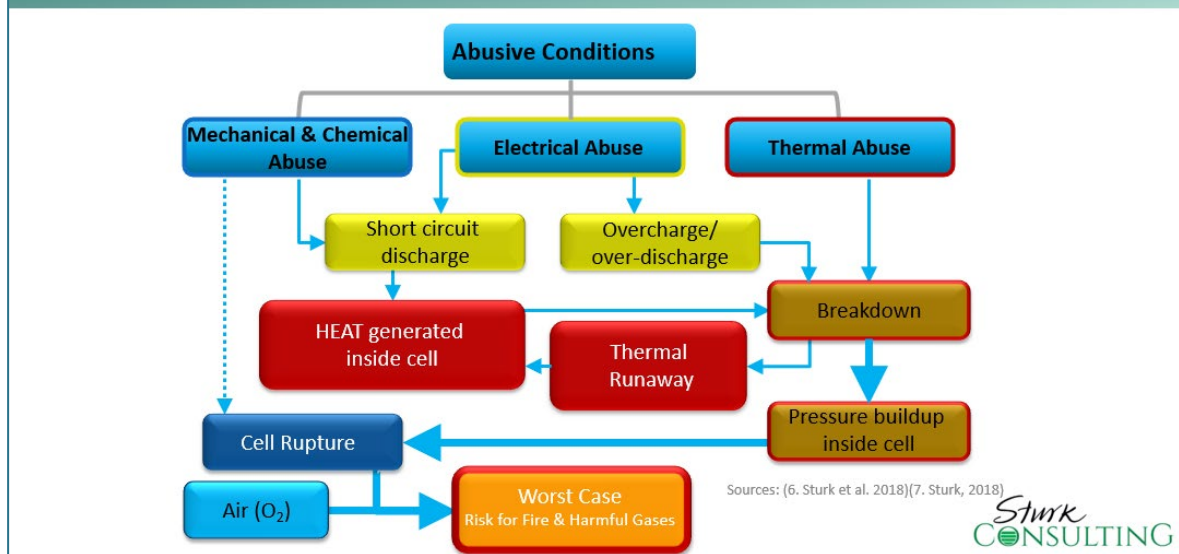


Bild 2 - Schematiskt beskrivet hur termisk rusning uppstår och vad konsekvensen blir

Säkerhetsfunktioner i batterier

För att förebygga och förhindra att brand ska uppstå i batterier ska dessa vara försedda med olika former av säkerhetsanordningar såsom skyddande skal/struktur runt batteriet, inbyggda funktioner som bryter kretsen (smältsäkringar/kontakorer) eller inbyggd kylning i form av ventilation. Om grundorsakerna till den termiska rusning sker allt för snabbt kan det dock hända att säkerhetsfunktionen som ska bryta kretsen inte hinner lösa ut innan brand uppstår.

Eftersom det är kostsamt att bygga in säkerhetsfunktionerna är det inte alls säkert att dessa finns i mindre batterier till exempelvis el-cyklar, el kickbikes eller hoverboards, då konsumenterna inte är beredda att betala högre pris för säkerhetsfunktioner. När det däremot handlar om större batterier i fordon så finns det inbyggda säkerhetsfunktioner i dessa batterier som ska vara testade mot fordonsindustrins globala batterisäkerhetsstandarder, vilket gör att det inte är lika hög risk för termisk rusning i dessa jämfört med till exempel ett batteri i en hoverboard. När det gäller hoverboards så kan batterierna dessutom bestå av battericeller som har tagits från reoverade batterier. Om ett nytt batteri har byggts utan att cellerna från de reoverade batterierna har balanserats korrekt så ökar risken för framtida överladdning i enskilda celler markant och därmed ökar också risken för brand.

Om brand uppstår

Om ingen säkerhetsanordning är inbyggd i batteriet så kan endast en brand hanteras efter att den har brutit ut. Om detta inträffar är det viktigt att ventileras bort rökgaserna och snabbt slå ned lågorna. Det bästa är naturligtvis om det går att kyla ner cellerna i batteriet men det kan vara svårt då battericellerna ofta har ett skyddande hölje runt sig vilket gör att vatten inte kan tränga in till cellen där termisk rusning pågår. Om hela batteriet kan läggas ned i en behållare med vatten så kan det vara en metod att föredra. Vatten förefaller vara den bästa släckmetoden sett till kylande förmåga och kopplat till kostnad och tillgång. Dock kan flammorna i ventilerade gaser slås ner med allehanda släckmedel för sådana syften, men släckmedel baserade på vatten ger den nödvändiga kylningen mot återantändning.

Giftiga brandgaser

Gaserna består av både giftiga ämnen och brandfarliga ämnen såsom Vätgas, Kolmonoxid, Koldioxid, Metan, Vätefluorid och olika elektrolyter. Hur stor mängd gas som bildas beror till stor del på kemin i battericellerna och den kemiska reaktiviteten. På grund av de brandfarliga gasernas ohälsosamma egenskaper så räcker det inte att fokusera på själva branden utan röken/gaserna är minst lika viktiga att beakta och ta hänsyn till.

Vill du öka din kunskap om vilka ämnen som bildas vid dessa bränder och hur de ämnena kan påverka oss så har Ambulanssjukvården i Storstockholm AB gjort en informationsfilm som ligger på Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=vaspu8f_X_w

Olika typer av batterier ger olika förlopp vid haveri

Det finns olika typer av batterier (batterikemier). Ett batteri med litiumjon-celler baserade på katodelektrod med coboltoxid som dopplats med nickel och mangan (NMC) brinner snabbare än ett batteri med järnfosfat (LFP) hos katodelektroden. Den snabba temperaturökningen som sker i ett NMC batteri gör att cellerna i det batteriet totalt brinner ur mycket snabbare än cellerna ett LFP batteri. När det gäller gasvolymen så bildas det en väsentligt större volym gas vid en brand i ett NMC batteri, dessutom på kortare tid, än vid brand i LFP batteri. Gasgenereringen är en viktig faktor att ta hänsyn till i det förebyggande arbetet, så det kan vara av vikt att veta vilken typ av batterier man har även om det inte alltid är förklarat på små batterier.

Hur batterier är uppbyggda

Ett batteri har två elektroder varav den ena sidan är en minuspol (anod) och den andra sidan är en pluspol (katod) och där emellan finns det ett separerande membran, dvs. en separator. Hela konstruktionen från ena elektroden, separatorn och till den andra elektroden är indränkt i mix av organiska lösningsmedel och ett salt (elektrolyt) som gör att jonerna kan röra sig fram och tillbaka mellan polerna.

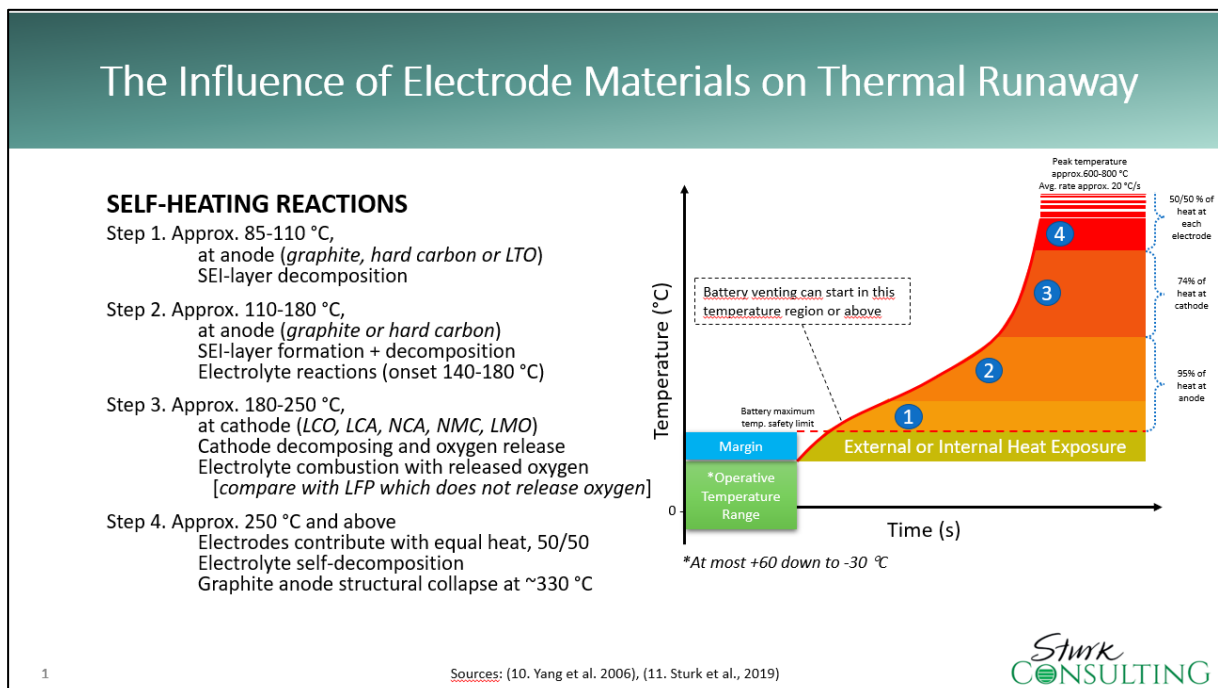


Bild 3 - Visar vad som händer under termisk rusning för olika batterikemier (batterityper)

Termisk rusning sker i flera steg (enligt bilden ovan) och att ofta säger man termisk rusning och syftar på det tredje steget där det är katodmaterialiet som är avgörande.

I stegen 1 och 2 är det anodens (elektrodens) material som havererar medan ytterligare värme frigörs, men det sker långsammare. Exempel på anodmaterial är grafit och LTO (litiumtitanat). LTO förväxlas ofta som ett katodmaterial och folk tror att det ersätter NMC vilket det inte gör.

Riskhantering kopplat till Litiumjon batterier

När det gäller riskhanteringsarbetet kopplat till litiumjon-batterier kan man betrakta ett förmodat haveri utifrån vad som kan hända med och emellan enskilda battericeller respektive på batteriets övergripande systemnivå. Det kan uttryckas som att man analyserar haverikonsekvenser på battericellnivå respektive batterisystemnivå.

På **battericellnivå** är det följande delar som behöver analyseras:

Elektrolyt:

Alla litiumjon-batterier som säljs idag använder elektrolyter baserade på mix av organiska lösningsmedel och ett salt. Det innebär att elektrolyten hos litiumjon-batterier är brännbar.

Batteriets elektrodmaterial:

- Vilken typ av anod har batteriet? Exempelvis grafit eller litiumtitanate (LTO)
- Vilken typ av katod har batteriet? Exempelvis LCO, LCA, NMC och LFP.

Batterier med katodmaterial baserat på Coboltoxid (ex. LCO, LCA och NMC) frigör eget syre vid höga temperaturer (steg 3 i illustrationen) vilket LFP-batterier inte gör. LFP har däremot sämre energidensitet och ger därför kortare räckvidd.

På **batterisystemnivå** är det följande delar som behöver analyseras:

- Vilket styr- och övervakningssystem finns i batteriet?
- Har batteriet certifierats enligt CE-märkning gentemot nationella och globala el- och batteristandarden?
 - o Tester har utförts på systemnivå?
 - o Tester har utförts på battericellnivå?

Med certifierad säkerhet på systemnivå som ska säkerställa att skyddssystem avbryter grundorsaker som kan leda till termisk rusning, kan valet av elektrodmaterial uppfattas som sekundärt.

Observera att om batteriet är CE-märkt så innebär det inte per automatik att batteriet är säkerhetstestat, utan CE-märkningen är innebär att producenten ska kunna redovisa en förteckning över vilka drift- och säkerhetsstandarder (krav) batteriet har uppfyllt. Det finns en stor mängd standarder för att testa drift och säkerhet hos batterier. Ett exemplifierande urval presenteras i bild nedan. Vilken som är relevant för en specifik produkt beror på dess applikation, användningsområde och vilken geografisk region produkten säljs inom.

Directives, Regulations and Global Standards

STANDARDS – Safety on battery cell and/or system level

Huge quantity of global standards – In some parts covering cell level and in other parts covering system level

Battery Cell level

- **UN 38.3** – Transportation safety for Li-batteries
- **UL2580** – Batteries for use in electric vehicles
- **UL1642** – Lithium batteries as power sources
- **SAE J2464** - Rechargeable Energy Storage System Safety and Abuse Testing Procedure
- **IEC/EN 62619** – Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Safety requirements

Battery System level

- **UN 38.3** – Transportation safety for Li-batteries
- **UL2580** – Batteries for use in electric vehicles
- **SAE J2464** - Rechargeable Energy Storage System Safety and Abuse Testing Procedure
- **SAE J2929** - Electric and Hybrid Vehicle Propulsion Battery System Safety Standard - Lithium-based Rechargeable Cells
- **IEC/EN 62619** – Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Safety requirements
- **ISO 12405-4** – Test specifications for lithium-ion traction battery packs and systems

Sturk
CONSULTING

Bild 4 – Olika standarder kopplat till Litiumjon-batterier

Utifrån vilken verksamhet era batterier ska användas i kan det vara av vikt att säkerställa att battericellen, eller batterisystemet, uppfyller någon av ovan standarder.

David Sturk konstaterar att risk inte är samma sak som konsekvens utan istället anser han att risk är lika med Konsekvens x Sannolikhet delat med Detekterbarhet, se bild nedan. Dessa parametrar är komplicerade att kvantifiera exakt men principen bakom detta är viktig att förstå.

Definition of RISK

$$RISK = \frac{CONSEQUENCE \times PROBABILITY}{DETECTABILITY^*}$$

*For simplification it is common that DETECTABILITY = 1

Common misconception

~~RISK – CONSEQUENCE~~

Bild 5 - Definition av risk enligt David Sturk

David menar att resonemanget att risk är lika med den konsekvens som kan uppstå medför att det blir svårt att komma framåt i utvecklingen kring hur risker kopplat till litiumjon-batterier ska analyseras och hanteras. Vidare menar David att sannolikheten att brand ska uppstå kan vara låg. Går det dessutom att lägga till någon form av detektion så bidrar det till att en snabb insats kan utföras om till exempel termisk rusning uppstår. Detta kan i sin tur bidra till att konsekvensen av den termiska rusningen/ branden också kan bli låg.

Olika former av risker som kan vara av vikt att ta hänsyn till och hantera kopplat till litiumjon-batterier är:

1. Mekaniska (slag mot batteri, vibrationer, att batteriet tappas i marken eller att batteriet penetreras av något till exempel ett vasst föremål)
2. Elektriska (kortslutning, överladdning, hög temperatur, obalans i battericeller och överlast)
3. Miljö / Termiska (fel i enskild battericell, termisk stabilitet, brand utanför batteriet, nedsänkning, forcerat kylvätskeläckage)

För att undvika termisk rusning så finns det lite olika indikeringar som batteriers styrsystem kan vara utrustade att övervaka och ha kontroll på, se bilden nedan. Som komplement till batteriets styrsystems förmåga att detektera kan detektionssystem utanför batterier också bidra. Tex brand- och rökvarnare. Temperatur och spänning hos batteriets celler kan bara övervakas tillförlitligt av batteriets egna övervakningssystem.

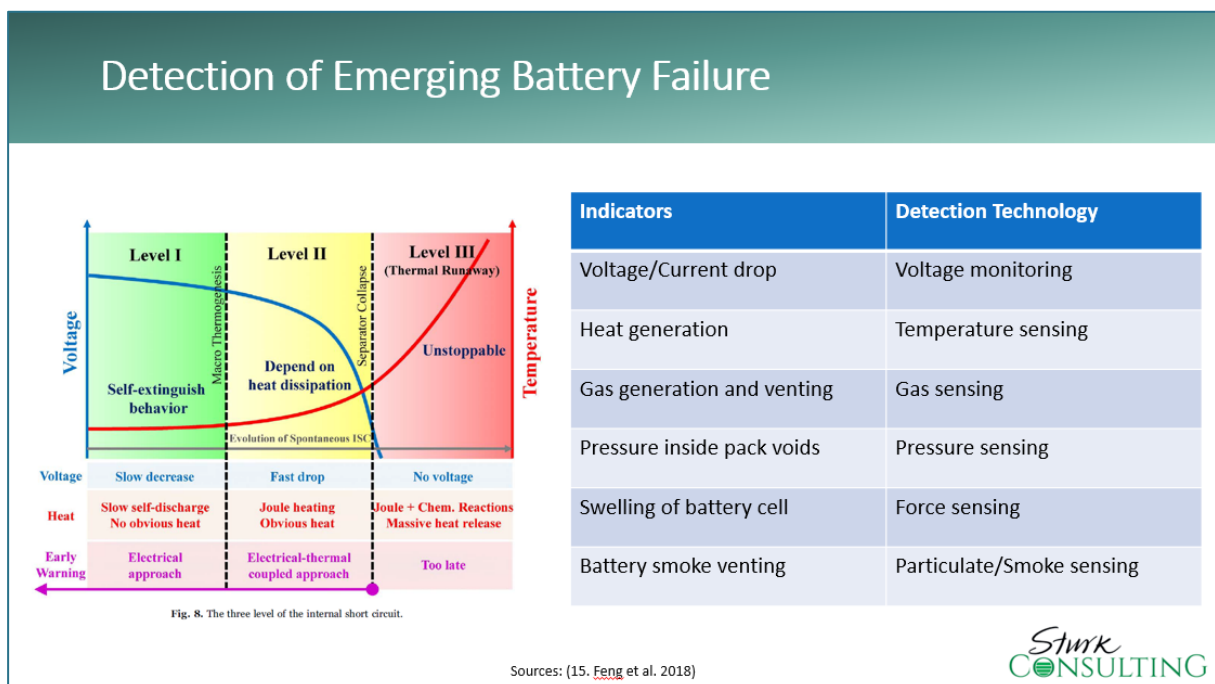


Bild 6 - Indikeringar och detektionsteknik

I tidsspannet som beskrivs som "level 1" har temperaturen knappt ökat och spänningen har knappt sjunkit. Här kan ett övervakningssystem hos ett batteri agera för att förhindra att en termisk rusning uppstår. I "level 2" kan gaser ventileras ut och temperaturen börjar märkbart stiga och spänningen sjunker markant. Det kan fortfarande finnas möjlighet att batteriets säkerhetssystem klarar agera för att förhindra en termisk rusning, eller att gas- eller rökdetektorer nära batteriet kan varna omgivningen för ett potentiellt batterihaveri. I "level 3" är det för sent för batteriets säkerhetssystem att agera. Då återstår brandbekämpning, rökgasventilering och brandbegränsning.

Parametrar som är viktiga att tänka på för att minska risken för skador är att skapa en plan för hur situationen ska hanteras om en termisk rusning uppstår och om det uppstår en brand. Vilka systemgränser kan skapas? Exempel på systemgränser är att batteriet förvaras/laddas/hanteras i en egen byggnad, eller till exempel i en container, som står avskilt från huvudbyggnaden. Kan inte batteriet förvaras/laddas/hanteras på det viset kan utrymmet där batterierna ska förvaras och hanteras utformas som en egen brandcell. En annan viktig parameter som är viktigt att förbereda är hur ventilationen av brand- och rökgaserna ska ske på ett sätt som inte medför risker för personer och att egendom skadas. Ska brand- och rökgaserna ventileras ut i det fria eller ska de ventileras bort på annat vis? Om batterierna förvaras i någon typ av brandsäkert skåp behöver man tänka på att litiumjon batterier kan ventilerar stora mängder gas. Det kan orsaka att trycket inuti skåpet tvingar upp branddörrarna för att tryckutjämna. Då kommer gasen ut i utrymmet utanför och utgör en hälsorisk och en brandrisk. I ett värsta scenario kan en idealisk blandning av dessa gaser få kontakt med en tändkälla varvid explosionsrisk kan föreligga. Därför är det viktigt att se över hur ett brandskåp där batterier förvaras eller laddas kan hantera de ventilerade gaserna från ett litiumjon-batteri som havererar där inne.

Om brand uppstår så är det även viktigt att säkerställa att batteriet antingen kan brinna ut helt på ett säkert sätt utan att riskera att skada personer eller egendom alternativt att batteriet kan kraftigt kylas ned så mycket att branden slocknar. Som tidigare har konstaterats så är vatten det mest tillgängliga och absolut billigaste sättet att motverka termisk rusning med hög kylande förmåga. I de fall batteriet inte är allt för stort kan det läggas i ett vattenfyllt kar när/om termisk rusning uppstår.